



Vlaanderen
is wetenschap

13_086_2
WL rapporten

MONEOS 2016 – 13 uursmetingen

Factual data rapport:
Stromingen, debiet en sediment concentratie

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

MONEOS 2016 – 13 uursmetingen

Factual data rapport: Stromingen, debiet en sediment concentratie

Levy, Y.; Vereecken, H.; Claeys, S.; Verwaest, T.; Mostaert, F.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.
De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.
Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2017
D/2017/3241/151

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Levy, Y.; Vereecken, H.; Claeys, S.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2017). MONEOS 2016 – 13 uursmetingen: Factual data rapport: Stromingen, debiet en sediment concentratie. Versie 4.0. WL Rapporten, 13_086_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie




Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2017R13_086_2
Keywords (3-5):	13 uursmetingen, MONEOS, stroomsnelheid, debiet, sedimentologie		
Tekst (p.):	56	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s):	Levy, Y.; Vereecken, H.
------------	-------------------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Vereecken, H.; Claeys, S.	
Projectleider:	Levy, Y.	

Goedkeuring

Verantwoordelijke (Steunpunt) HIC:	Deschamps, M.	
Coördinator onderzoeksgroep:	Verwaest, T.	
Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	

Abstract

Dit verslag rapporteert de resultaten van de dertienuursmetingen van 2016 die jaarlijks georganiseerd worden in het kader van de MONEOS-rapportering. Het gemeten debiet en de sedimentfluxen zijn vergeleken met die van 2009 tot en met 2015.

Na normering is het debiet van Schoonaarde (Schelde) het hoogste na dit van 2011. De SSC-waarden zijn overal vrij laag behalve in Driegoten. De sedimentfluxen van 2016 zijn allemaal bijzonder laag tegenover het verleden. Dit ondanks een aantal waargenomen hoge debieten of SSC waarden die geen aanleiding geven tot hoge sedimentfluxen.

Bij omrekening van de akoestische verstrooiing naar SSC wordt rekening gehouden met een heel aantal parameters. De lezer dient dus rekening te houden met de spreiding in de relatie tussen de berekende ABS-SSC (mg/l) en de gemeten SSC (mg/l) die doorvertaald wordt naar de ABS-gebaseerde sedimentflux.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VII
Lijst van de figuren	VIII
1 Inleiding	1
2 Methodiek	3
2.1 Meetprincipe en methode.....	3
2.2 Meetopstelling.....	3
2.3 Meetapparatuur	4
2.3.1 ADCP	6
2.3.2 Multiparametersonde.....	8
2.3.3 Waterpomp.....	8
2.3.4 GPS.....	9
2.4 ADCP echo intensiteit omzetten naar absolute backscatter signaal	10
2.5 Maximum ADCP bereik.....	10
2.6 Normalisatie van de transmissiekracht en de lengte	10
2.7 Stroomsnelheidscorrecties aan de hand van saliniteit schattingen	11
2.8 ADCP afgeleide sedimentconcentratie in suspensie	11
2.9 Het debiet en zijn normalisatie.....	12
2.10 Het rapporteren van de stromingen met ViSea DPS.....	14
2.11 De getijden	20
2.11.1 Het getij te Schoonaarde op 06/06/2016.....	20
2.11.2 Het getij te Terhagen op 08/06/2016	21
2.11.3 Het getij te Kruikebeke op 09/06/2016	21
2.11.4 Het getij op het Loodsgebouw (Oosterweel) op 11/05/2016	22
2.11.5 Het getij te Driegoten op 22/06/2016.....	23
2.11.6 Het getij te Liefkenshoek op 12/05/2016.....	23
3 Resultaten.....	24
3.1 Stromingen	24
3.2 Debiet	24
3.3 Sediment concentratie	31

3.4	Vergelijking met resultaten uit het verleden.....	31
3.4.1	Vergelijking van debieten en getij tussen 2009 en 2016.....	31
3.4.2	Vergelijking van genormeerde debieten en getij tussen 2009 en 2016.....	35
3.4.3	Vergelijking van de sediment fluxen tussen 2009 en 2016	38
3.4.4	Vergelijking van de sediment concentraties tussen 2009 en 2016	41
3.4.5	Vergelijking van de SSC kalibratie parameters tussen 2009 en 2016.....	44
4	Referentielijst	54

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Weeromstandigheden tijdens de 13 uursmetingen van 2016	4
Tabel 2 – Meetapparatuur gebruikt tijdens de 13uursmetingen.....	4
Tabel 3 – ADCP opstellingen tussen 2009-2016.....	5
Tabel 4 – ADCP opstellingen legende.....	5
Tabel 5 – Technische specificaties Workhorse RioGrande 1200 kHz	6
Tabel 6 – Technische specificaties Workhorse Sentinel 600 kHz	7
Tabel 7 – GPS Garmin 60 Cx specificaties.....	9
Tabel 8 – Referentie coördinaten van de gemeten dwarsraaien	12
Tabel 9 – Tabel van de opgetreden waterstanden tijdens de 13 uursmetingen tussen 2009 en 2016.....	13
Tabel 10 – Referentie positieve stroomrichtingen.....	20
Tabel 11 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC.....	31
Tabel 12 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Schoonaarde	44
Tabel 13 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Terhagen	47
Tabel 14 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Kruibeke	49
Tabel 15 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Oosterweel.....	51
Tabel 16 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Driegoten	52
Tabel 17 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Liefkenshoek	53

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Locaties MONEOS 13 uursmetingen op de Schelde	2
Figuur 2 – YSI karakteristieken	8
Figuur 3 – Waterpomp	9
Figuur 4 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Schoonaarde	14
Figuur 5 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Terhagen	15
Figuur 6 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Kruikeke	16
Figuur 7 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Oosterweel.....	17
Figuur 8 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Driegoten	18
Figuur 9 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Liefkenshoek	19
Figuur 10 – Het getij te Schoonaarde op 06/06/2016.....	20
Figuur 11 – Het getij te Terhagen op 08/06/2016.....	21
Figuur 12 – Het getij te Kruikeke op 09/06/2016.....	21
Figuur 13 – Het getij op het Loodsgebouw op 11/05/2016	22
Figuur 14 – Het getij te Driegoten op 22/06/2016.....	23
Figuur 15 – Het getij te Liefkenshoek op 12/05/2016.....	23
Figuur 16 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Schoonaarde op 06/06/2016	25
Figuur 17 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Terhagen op 08/06/2016	26
Figuur 18 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Kruikeke op 09/06/2016	27
Figuur 19 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Oosterweel op 11/05/2016.....	28
Figuur 20 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Driegoten op 22/06/2016	29
Figuur 21 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Liefkenshoek op 12/05/2016	30
Figuur 22 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2016 te Schoonaarde	31
Figuur 23 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 en 2010 te Boom	32
Figuur 24 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2011 en 2016 te Terhagen	32
Figuur 25 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2016 te Kruikeke	33
Figuur 26 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2016 te Oosterweel.....	33
Figuur 27 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2016 te Driegoten	34
Figuur 28 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2016 te Liefkenshoek	34
Figuur 29 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2016 te Schoonaarde.....	35
Figuur 30 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 en 2010 te Boom en van 2011 tot en met 2016 te Terhagen	35

Figuur 31 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2016 te Kruikebeke.....	36
Figuur 32 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2016 te Oosterweel	36
Figuur 33 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2016 te Driegoten.....	37
Figuur 34 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2016 te Liefkenshoek.....	37
Figuur 35 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009 tot 2016 te Schoonaarde.....	38
Figuur 36 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009 tot 2016 te Boom en Terhagen	38
Figuur 37 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009 tot 2016 te Kruikebeke.....	39
Figuur 38 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009 tot 2016 te Oosterweel	39
Figuur 39 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009 tot 2016 te Driegoten.....	40
Figuur 40 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009 tot 2016 te Liefkenshoek.....	40
Figuur 41 – Vergelijking van de sediment concentraties van 2009 tot 2016 te Schoonaarde.....	41
Figuur 42 – Vergelijking van de sediment concentraties van 2009 tot 2016 te Terhagen.....	42
Figuur 43 – Vergelijking van de sediment concentraties van 2009 tot 2016 te Kruikebeke.....	42
Figuur 44 – Vergelijking van de sediment concentraties van 2009 tot 2016 te Oosterweel	43
Figuur 45 – Vergelijking van de sediment concentraties van 2009 tot 2016 te Driegoten.....	43
Figuur 46 – Vergelijking van de sediment concentraties van 2009 tot 2016 te Liefkenshoek.....	44
Figuur 47 – Parameters van de niet lineaire regressie tussen waterstalen SSC en ADCP ABS te Schoonaarde in 2011	45
Figuur 48 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC te Schoonaarde in 2011	45
Figuur 49 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC te Schoonaarde 2016.....	46
Figuur 50 – Parameters van de niet lineaire regressie tussen waterstalen SSC en ADCP ABS te Terhagen in 2011	47
Figuur 51 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC te Terhagen in 2011.....	48
Figuur 52 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC in Terhagen te 2016.....	48
Figuur 53 – Parameters van de niet lineaire regressie tussen waterstalen SSC en ADCP ABS te Kruikebeke in 2011	49
Figuur 54 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC in Kruikebeke te in 2011.....	50
Figuur 55 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC in Kruikebeke te 2016.....	50
Figuur 56 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC in Oosterweel te 2016	51
Figuur 57 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC in Driegoten te 2016.....	52
Figuur 58 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC in Liefkenshoek te 2016.....	53

1 Inleiding

Dit rapport stelt de resultaten voor van de jaarlijkse 13 uursmetingen die in het programma Monitoring Effecten Ontwikkeling Schets (MONEOS (Meire & Maris, 2008)) werden uitgevoerd in 2016. De duur van elke MONEOS 13 uursmeting is zo gepland dat een volledige tijcyclus wordt gemeten. De planning wordt zo gekozen dat springtij voorwaarden heersen tijdens de meting om de hoogste en laagste afvoer condities te kunnen waarnemen. Twee luiken worden bestudeerd over één getijdeweg:

1. De stroming
 - Het stromingsverloop
 - Het stromingspatroon over de gehele natte dwarsdoorsnede
 - Het debiet
2. Het sediment
 - De concentratie van het sediment in suspensie (SSC)
 - De totale sediment flux

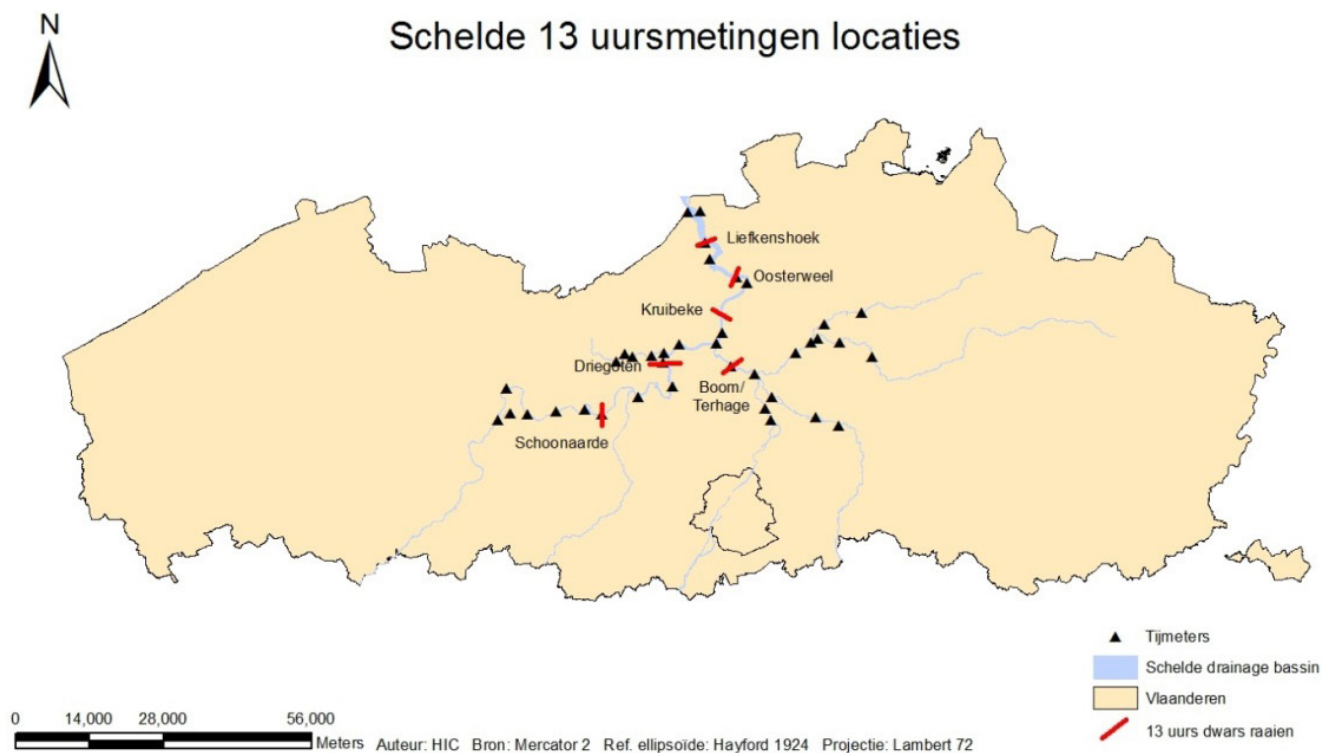
De 13 uursmetingen werden in 2009 en 2010 uitgevoerd door WL en AQUAVISION en gerapporteerd door AQUAVISION (Santen, 2010a, 2010b, 2010k, 2010l, 2010m, 2010c, 2010d, 2010e, 2010f, 2010g, 2010h, 2010i, 2010j). In 2011 werden de metingen van Oosterweel, Driegoten en Liefkenshoek uitgevoerd en gerapporteerd door AQUAVISION (Santen, 2011b, 2011c, 2011d, 2011e) en de andere drie locaties door IMDC (Quax, 2012).

Sinds 2011 is de meetraai op de Rupel verlegd van Boom naar Terhagen om de meetinspanning maximaal op de kwaliteits- en ecologische monitoring in het kader van OMES af te stemmen. 2012 was het eerste jaar dat het Waterbouwkundig Laboratorium het rapporteren van de MONEOS 13 uursmetingen op zich nam (Levy et al. 2014). De metingen te Schoonaarde en Terhagen in 2012 werden uitgevoerd door IMDC. De andere vier locaties door het WL zelf. Sindsdien werden alle metingen uitgevoerd en gerapporteerd door het WL (Y. (Flanders H. R. Levy, Vereecken, Deschamps, Verwaest, & Mostaert, 2015; Yaïr Levy et al., 2016). Twee extra metingen werden in 2014 in de Schelde uitgevoerd te Schellebelle en Dendermonde.

De meetcampagnes werden georganiseerd op de volgende locaties, gerangschikt van stroomopwaarts naar stroomafwaarts (*Figuur 1*). De afstanden tussen de locaties en de Schelde monding te Vlissingen volgens de rivier as is bij benadering vermeld tussen haakjes:

- Schoonaarde (06/06/2016; 133 km)
- Driegoten (22/06/2016; 103 km)
- Terhagen/Boom (Rupel) (08/06/2016; 98 km)
- Kruibeke (09/06/2016; 89 km)
- Oosterweel (11/05/2016; 78 km)
- Liefkenshoek (12/05/2016; 63 km)

Figuur 1 – Locaties MONEOS 13 uursmetingen op de Schelde



2 Methodiek

2.1 Meetprincipe en methode

De “Acoustic Doppler Current Profiler” (ADCP) maakt gebruik van het Doppler effect om stroomsnelheden te meten. De stroomsnelheid wordt berekend door een ultrasonische golf met gekende golflengte in het water te sturen en zijn, door de deeltjes in het water teruggekaatste, echo te meten. Door de verkorting of verlenging van de afstand tussen het schip en deeltjesmassa wordt de golflengte respectievelijk korter of langer. Die afstand is enerzijds een directe functie van de stroomsnelheid en anderzijds een functie van de scheepsverplaatsing.

De stroomsnelheden worden gecorrigeerd op basis van een GPS signaal dat de bewegingen van het schip registreert (afgelegde weg). De geluidssnelheid in het water is ook een functie van de saliniteit. Die laatste wordt indirect afgeleid door de conductiviteit te meten met een multiparametersonde.

De stromingspatronen worden gemeten gedurende een volledig getij (meting duurt standaard 13 uur) langs een natte dwarsdoorsnede. De natte dwarsdoorsnede en de stromingen laten toe om debieten af te leiden.

Een relatie wordt gelegd tussen het backscatter signaal (ABS) en de bemonsterde SSC waarden om een afgeleide SSC te schatten.

Uiteindelijk laten de aan de hand van het ADCP-signaal afgeleide SSC en de debieten toe om sediment fluxen te schatten.

2.2 Meetopstelling

Dwarsraaien worden gevaren om de paar minuten met een klein surveybootje (“bijboot”) waarop een ADCP toestel gemonteerd is. Om het half uur keert het bootjeterug langs het moederschip om de ABS te kalibreren aan de hand van waterstalen en continue multiparametersonde metingen. Er worden monsters genomen op drie verschillende dieptes. De hoeveelheid aan monsters hangt af van de waterdiepte. De multiparametersonde meet de conductiviteit, de turbiditeit, de temperatuur en de druk.

De opstellingen van vroegere jaren kunnen in de jaarlijkse factual data rapportage van de 13 uursmetingen geraadpleegd worden (Quax, 2012; Santen, 2010a, 2010b, 2010c, 2010d, 2010e, 2010f, 2010g, 2010m, 2011b), (Yair Levy et al., 2016; Yair Levy, Vereecken, Deschamps, Verwaest, & Mostaert, 2014)).

Een normalisatie wordt uitgevoerd door de ADCP tracks te koppelen aan OBS signalen met behulp van ViSea DAS naverwerking.

Ter informatie zijn de meteo-omstandigheden van het dichtstbijzijnde weerstation van het KMI tijdens de meetdagen beschreven in Tabel 1.

Tabel 1 – Weeromstandigheden tijdens de 13 uursmetingen van 2016

Meting locatie	Datum	Weer info bron	Neerslag(mm)	Wind		Temperatuur(°C)		
		Temperatuur en wind (KMI)		Snelheid(m/s)	Richting(°)	Min.	Max.	Gemiddelde
Schoonaarde	6/06/2016	Melle	18	2,89	77,59	13,38	25,91	18,88
Terhagen	8/06/2016	St-Katelijne Waver	0	3,00	268	14	24	19
Kruikeke	9/06/2016	St-Katelijne Waver	0	2,26	303	11,86	21,33	16,61
Oosterweel	11/05/2016	Stabroek	0	2,51	91,96	14,42	24,95	19,50
Driegoten	22/06/2016	Zelzate	0,2	2,00	166,00	14,00	27,00	21,00
Liefkenshoek	12/05/2016	Stabroek	0	3,09	60,24	13,53	24,24	19,65

2.3 Meetapparatuur

Onderstaande Tabel 2 geeft een overzicht van de gebruikte meetapparatuur tijdens de 13 uursmetingen van 2016.

Tabel 2 – Meetapparatuur gebruikt tijdens de 13uursmetingen

Locatie	Datum	ADCP	Multiparametersonde	GPS	Waterpomp	Schip	Surveyors
Schoonaarde	6/06/2016	WH RG BB 1200 kHz RDI Ver. 10.17, SN: 19323.	YSI 6920 V2.2	Garmin handheld GPS 60Cx	Calpeda CA cam 80 E versie B-CA	Veremans en bijboot	Styn Claeys, Erwin De Backer
Terhagen	8/06/2016						Erwin De Backer, Sven Smolders
Kruikeke	9/06/2016						Styn Claeys, Wouter Vandenbruwaene
Oosterweel	11/05/2016		AANDERAA Seaguard RCM 318 (500) 0630			Hondius	Erwin De Backer, Silvy Thant
Driegoten	22/06/2016		YSI 6920 V2.2			Veremans en bijboot	Yaïr Levy, Erwin De Backer, Dieter Meire, Edit Cristina Euàn Diaz, Yves Plancke, Ellen Bastiaensen
Liefkenshoek	12/05/2016					Hondius	Yaïr Levy, Styn Claeys

Tabel 3 geeft een overzicht van het type ADCP dat gebruikt werd tijdens de 13 uursmetingen de voorbije jaren.

Tabel 3 – ADCP opstellingen tussen 2009-2016

Meting locatie	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Boom	RG 1200 kHz RDI	RG 1200 kHz RDI	-	-	-	-	-	-	
Driegoten	RG 1200 kHz RDI	RG 1200 kHz RDI	WH RG 1200 kHz RDI Ver. 10.16	BB 1200 kHz RDI Ver. 10.16	WH RG BB 1200 kHz RDI Ver. 10.17, SN: 19323.	WH RG BB 1200 kHz RDI Ver. 10.17, SN: 19323.	WH RG BB 1200 kHz RDI Ver. 10.17, SN: 19323	WH RG BB 1200 kHz RDI Ver. 10.17, SN: 19323	
Kruibeke	BB 600 kHz RDI Ver. 5.52	WH BB ADCP RDI Ver. 51.36	WH Sentinel 600 kHz RDI	BB 1200 kHz RDI Ver. 5.57					
Liefkenshoek	BB 600 kHz RDI Ver. 5.52	WH BB ADCP RDI Ver. 51.36	WH M 600 kHz RDI Ver. 51.40	WH RG 1200 kHz RDI Ver. 5.57					WH M 600 kHz RDI Ver. 51.40
Oosterweel	BB 600 kHz RDI Ver. 5.52	WH BB ADCP RDI Ver. 51.36	WH M 600 kHz RDI Ver. 51.40	BB 1200 kHz RDI Ver. 16.21					
Schoonaarde	RG 1200 kHz RDI	RG 1200 kHz RDI	WH RG 1200 kHz RDI Ver. 10.16	WH Sentinel 1200 kHz RDI Ver. 51.36					
Terhagen	-	-	WH RG 1200 kHz RDI Ver. 10.16	WH Sentinel 1200 kHz RDI Ver. 51.36					

De legende van Tabel 3 volgt in Tabel 4:

Tabel 4 – ADCP opstellingen legende

Acroniem	Betekenis
BB	Broadband
M	Monitor
RDI	Teledyne RD Instruments
RG	Rio Grande
S	Sentinel
Ver.	Version
WH	WorkHorse
SN	Serial number

2.3.1 ADCP

Een Workhorse RioGrande van 1200 kHz (WHRG1200) werd overall gebruikt tijdens de metingen van 2016. De technische specificaties ervan staan vermeld in Tabel 5.

Tabel 5 – Technische specificaties Workhorse RioGrande 1200 kHz

Workhorse Rio Grande

Versatile River Discharge Measurement System



TECHNICAL SPECIFICATIONS

		WHR600 600kHz	WHR1200 1200kHz	
Water Velocity Profiling	Profiling range	0.7m ¹ to 75m ²	0.3m ¹ to 25m ²	
	Velocity range ±5m/s default, ±20m/s maximum		
	Accuracy ±0.25% of water velocity relative to ADCP, ±2mm/s		
	Resolution	1mm/s	1mm/s	
	Number of cells	1-128	1-128	
	Cell size	0.1m to 4m	0.05m to 2m	
	Blanking distance	0.25m	0.05m	
	Data output rate	1-2Hz (typical)	1-2Hz (typical)	
Bottom Tracking	Velocity range	±9.5m/s	±9.5m/s	
	Depth range	0.8m to 90m ²	0.5m to 30m ²	
	Accuracy ±0.25% of bottom velocity relative to ADCP, ±2mm/s		
	Resolution	1mm/s	1mm/s	
Depth Measurement	Range	0.8m to 90m ²	0.5m to 30m ²	
	Accuracy	±1% ³ ±1cm	±1% ³ ±1cm	
	Resolution	1mm/s ⁴	1mm/s ⁴	
Standard Sensors		Temperature	Tilt (pitch and roll)	Compass
	Range	-5°C to 40°C	±15°	0-360°
	Accuracy	±0.4°C	±0.5°	±2°
	Resolution	0.01°C	0.01°	0.01°
Operation Modes	Standard profiling mode (Broadband)	Mode 1		
	High precision profiling mode (included)	Mode 5 and Mode 11		
	High ping profiling mode (optional)	Mode 12		
	Shallow water bottom tracking mode (optional)	Bottom tracking Mode 7		
Transducer and Hardware	Configuration	Janus four beams at 20° beam angle		
	Internal memory	Optional flash PC card up to 2GB		
Software⁵	<ul style="list-style-type: none"> • WinRiver II (standard) for moving-boat measurement • SixS Pro (optional) for stationary measurement; comes with an uncertainty model for in situ quality evaluation and control 			
Communications	Serial (standard)	RS-232, 1200 to 115,200 baud rate		
	Radio modem (optional)	Range > 30km (line of sight)		
Integration	With GPS, depth sounder, or external gyrocompass: available through RS232 to PC with WinRiver II software			
Power	Input voltage	10.5-18V DC		
	Power consumption	1.5W typical		
Float (optional)	Configuration	Three hulls (trimaran)		
	Material	Polyethylene		
	Dimensions	Length 120cm, width 80cm, height 18cm		
	Weight	10kg bare; 17kg with instrument and battery		
Environmental	Operating temperature	-5°C to 45°C		
	Storage temperature	-20°C to 50°C		

1 Assume one good cell (minimum cell size) with high-precision profiling mode; range measured from transducer surface.
 2 Assume fresh water; actual range depends on temperature and suspended solids concentration.
 3 Assume uniform water temperature and salinity profile.
 4 For averaged depth data.
 5 For system setup, data acquisition, discharge calculation, data display, and summary report

De metingen in Oosterweel en Liefkenshoek werden in 2015 uitgevoerd met een Workhorse Sentinel 600 kHz ADCP. De technische specificaties ervan staan vermeld in Tabel 6.

Tabel 6 – Technische specificaties Workhorse Sentinel 600 kHz

Workhorse Sentinel

Self-Contained 1200, 600, 300 kHz ADCP



TECHNICAL SPECIFICATIONS

Water Profiling	Depth Cell Size ¹	Typical Range ² 12m 1200kHz		Typical Range ² 50m 600kHz		Typical Range ² 110m 300kHz	
		Range ³	Std. Dev. ⁴	Range ³	Std. Dev. ⁴	Range ³	Std. Dev. ⁴
	Vertical Resolution						
	0.25m	11m	14.0cm/s				
	0.5m	12m	7.0cm/s	38m	14.0cm/s	see note 1	
	1m	13m	3.6cm/s	42m	7.0cm/s	83m	14.0cm/s
	2m	15m ²	1.8cm/s	46m	3.6cm/s	93m	7.0cm/s
	4m	see note 1		51m ²	1.8cm/s	103m	3.6cm/s
	8m					116m ²	1.8cm/s
Long Range Mode	2m	19m	3.4m/s				
	4m			66m	3.6cm/s		
	8m					154m	3.7cm/s
Profile Parameters	Velocity accuracy	0.3% of the water velocity relative to ADCP ±0.3cm/s		0.3% of the water velocity relative to ADCP ±0.3cm/s		0.5% of the water velocity relative to ADCP ±0.5cm/s	
	Velocity resolution	0.1cm/s		0.1cm/s		0.1cm/s	
	Velocity range:	±5m/s (default) ±20m/s (max)		±5m/s (default) ±20m/s (max)		±5m/s (default) ±20m/s (max)	
	Number of depth cells	1–255		1–255		1–255	
	Ping rate	Up to 10Hz		Up to 10Hz		Up to 10Hz	
Echo Intensity Profile	Vertical resolution			Depth cell size, user configurable			
	Dynamic range			80dB			
	Precision			±1.5dB			
Transducer and Hardware	Beam angle	20°					
	Configuration	4-beam, convex					
	Internal memory	Two PCMCIA card slots; one memory card included					
	Communications	RS-232 or RS-422; ASCII or binary output at 1200-115,200 baud					
Power	DC input	20–50VDC.					
	Number of batteries	1 internal battery pack					
	Internal battery voltage	42VDC (new) 28VDC (depleted)					
	Battery capacity @ 0°C	450 watt hrs					
Standard Sensors	Temperature (mounted on transducer)	Range -5° to 45°C, Precision ±0.4°C, Resolution 0.01°					
	Tilt	Range ±15°, Accuracy ±0.5°, Precision ±0.5°, Resolution 0.01°					
	Compass (fluxgate type, includes built-in field calibration feature)	Accuracy ±2°, Precision ±0.5°, Resolution 0.01°, Maximum tilt ±15°					
Environmental	Standard depth rating	200m; optional to 500m, 1000m, 6000m					
	Operating temperature	-5° to 45°C					
	Storage temperature (without batteries)	-30° to 60°C					
	Weight in air	13.0kg					
	Weight in water	4.5kg					
Software	TRDI's Windows™-based software included: WinSC —Data Acquisition System; WinADCP —Data Display and Export						
Available Options	<ul style="list-style-type: none"> • Memory: 2 PCMCIA slots, total 4GB • Pressure sensor • External battery case • High-resolution water-profiling modes • Bottom tracking or surface referencing track • AC/DC power converter, 48VDC output • Pressure cases for depths up to 6000m • Directional Wave Array • Acoustic Modem • Inductive Modem • Velocity for advanced post processing 						
Dimensions	228.0mm wide x 405.5mm long (line drawings available upon request)						

1 User's choice of depth cell size is not limited to the typical values specified.

2 Longer ranges available.

3 Profiling range based on temperature values at 5°C and 20°C, salinity = 35ppt.

4 BroadBand mode single-ping standard deviation (Std. Dev.).

5 <±1.0° is commonly achieved after calibration.

2.3.2 Multiparametersonde

Tijdens deze reeks 13 uursmetingen werd gemeten met een YSI 6920 V2.2 toestel. De karakteristieken ervan zijn voorgesteld in Figuur 2.

Figuur 2 – YSI karakteristieken

The **6920 V2-2** with

- 2 optical ports
- Conductivity/temperature port
- pH or pH/ORP port
- ISE port



Medium		Fresh, sea or polluted water
Temperature	Operating Storage	-5 to +50°C -10 to +60°C
Communications		RS-232, SDI-12
Software		EcoWatch®
Dimensions	Diameter Length Weight	2.85 in, 7.24 cm 18 in, 45.7 cm 4 lbs, 1.8 kg
Power	External Internal	12 V DC 8 AA-size alkaline batteries
Certifications		CE, EU Battery Compliance, FCC, IP-67, WEEE, and MCERTS Assembled in the USA

	Range	Resolution	Accuracy
Conductivity●●● 6560 Sensor*	0 to 100 mS/cm	0.001 to 0.1 mS/cm (range dependent)	±0.5% of reading + 0.001 mS/cm
Salinity	0 to 70 ppt	0.01 ppt	±1% of reading or 0.1 ppt, whichever is greater
Temperature 6560 Sensor*	-5 to +50°C	0.01°C	±0.15°C
Depth	Medium Shallow Vented Level	0 to 200 ft, 61 m 0 to 30 ft, 9.1 m 0 to 30 ft, 9.1 m	0.001 ft, 0.001 m 0.001 ft, 0.001 m 0.001 ft, 0.001 m
			±0.4 ft, ±0.12 m ±0.06 ft, ±0.02 m ±0.01 ft, 0.003 m
Turbidity● 6136 Sensor*	0 to 1,000 NTU	0.1 NTU	±2% of reading or 0.3 NTU, whichever is greater**

- Maximum depth rating for optical probes is 200 feet, 61 m. Turbidity and Rhodamine are available in a Deep Depth option (0 to 200 m). **Anti-fouling** optical probes have depth rating of 200 m.
- Rapid Pulse is only available on 6920 V2-1 (one optical port version).
- Report outputs of specific conductance (conductivity corrected to 25° C), resistivity, and total dissolved solids are also provided. These values are automatically calculated from conductivity according to algorithms found in Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (ed 1989).
- Freshwater only. Maximum depth rating of 50 feet, 15.2 m. 6600 V2-2 has 3 ISE ports; not available on the 6600V2-4.

** In YSI AMCO-AEPA Polymer Standards.

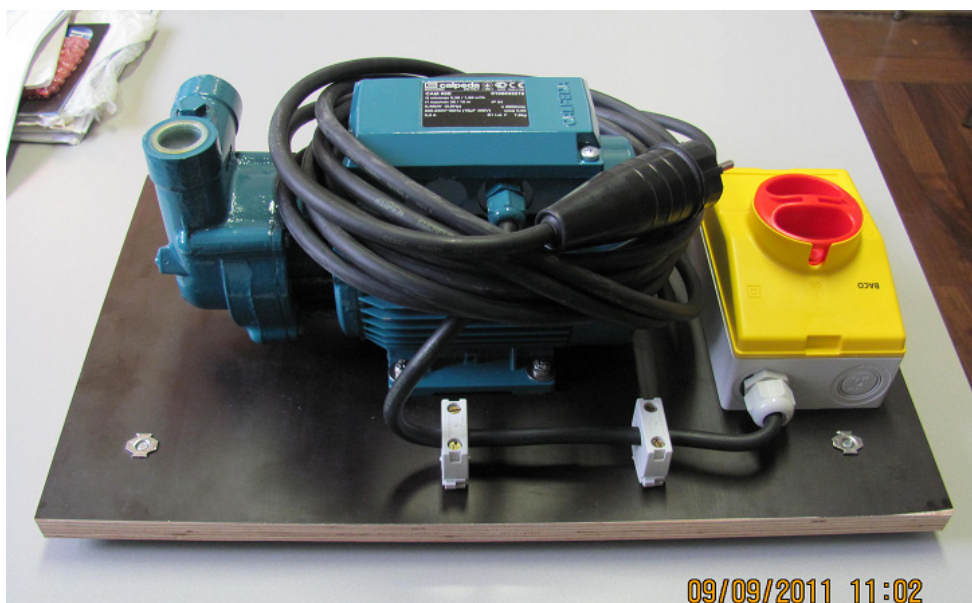
* Sensors with listed with ETV logo were submitted to the ETV program on the YSI 6600EDS. Information on performance characteristics of YSI water quality sensors can be found at www.epa.gov/etv, or call YSI at 800.897.4151 800.897.4151 for the ETV verification report. Use of ETV name or logo does not imply approval or certification of this product nor does it make any explicit or implied warranties or guarantees as to product performance.

2.3.3 Waterpomp

De watermonsters werden genomen met een waterpomp, namelijk een Calpeda CA zelfaanzuigende vloeistofringpomp van het type cam 80 E versie B-CA met bronzen behuizing en waaier. De motor is IP54 gekeurd. Figuur 3 toont de Calpeda waterpomp op een betonplexplaat van 50 cm x 30cm x 1,8cm met een 'BACO' schakelaar, IP66 gekeurd (rode draaiknop in een geel deksel op een lichtgrijze behuizing).

De doorlooptijd van de pompstalen door de gebruikte darm van 30 m was van ongeveer 23 seconden.

Figuur 3 – Waterpomp



2.3.4 GPS

Bij alle locaties werd een handheld GPS 60Cx van Garmin gebruikt om de positie van de ADCP op te volgen; Het ADCP ABS signaal werd met het GPS signaal gekoppeld in postprocessing met behulp van ViSea DAS. Zie onderstaande Tabel 7 voor de specificaties van dit toestel. De koppelingsprocedure van de ADCP met de GPS wordt uitgelegd in de volgende instructie [I-WL-PP33-X ADCP-GPS koppeling onder ViSea](#).

Tabel 7 – GPS Garmin 60 Cx specificaties

APPENDIX

Specifications

Physical

Size: 6.1" H x 2.4" W x 1.3" D

Weight: 7.5 ounces (213 g) w/batteries installed.

Display: 1.5" W x 2.2" H, 256-color, high resolution, transreflective (160 x 240 pixels) with backlighting.

Case: Rugged, fully gasketed, water resistant, IEC-529, IPX7

Temp Range: 5 to 158°F (-15 to 70°C)*

*The temperature rating of the GPSMAP 60Cx may exceed the usable range of some batteries. Some batteries can rupture at high temperatures.

Performance

Receiver: WAAS/EGNOS enabled

Acquisition Times*:

Approx. 1 second (warm start)

Approx. 38 seconds (cold start)

Approx. 45 seconds (factory reset)

*On average for a stationary receiver with an open sky view.

Update Rate: 1/second, continuous

Antenna: Built-in quad helix, remote antenna capability.

Power

Source: Two 1.5 volt AA batteries, USB Data Cable, 12 Volt DC Adapter Cable, or up to 36 Volt DC external power

Battery Life: Up to 18 hours (typical use)*

*Alkaline batteries lose a significant amount of their capacity as the temperature decreases. Extensive use of screen backlighting, electronic compass, and audible tones significantly reduce battery life.

Accuracy

GPS: <10 meters (33 feet) 95% typical*

*Subject to accuracy degradation to 100m 2DRMS under the U.S. DoD imposed Selective Availability (SA) Program when activated

DGPS: 3-5 meters (10-16 feet) 95% typical*

*WAAS accuracy in North America

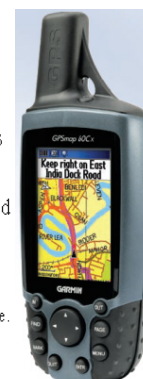
Velocity: 0.05 meter/sec steady state

Interfaces: NMEA 0183 version 2.3, and RS-232 and USB for PC interface

Data Storage Life: Indefinite; no memory battery required

Map Storage: Dependant on the capacity of the microSD Card.*

*A small portion of the card capacity has been used in formatting the card for use.



2.4 ADCP echo intensiteit omzetten naar absolute backscatter signaal

De ADCP meet onrechtstreeks de sedimentconcentratie door een ultrasonische golf met gekende golflengte in het water te sturen en de, door de deeltjes in suspensie teruggekaatste echo, te meten. Twee meetapparaten specifieke parameters worden gebruikt om het ruw ontvangen signaal (Received Signal Strength Indicator of RSSI) om te zetten naar een absoluut backscatter signaal (ABS). Dit zijn de RSSI "scale factor" (K_c) en de "Real Time Reference Level" (E_r). De ADCP echo (E) wordt gemeten in "counts" (verder als 'cnt') en wordt omgezet naar dB aan de hand van de K_c , die het aantal dB per cnt aanduidt, en aan de hand van de E_r (cnt), die de RSSI niveau weergeeft als er geen signaal optreedt. De volgende formule illustreert de berekening,

$$ABS = (E - E_r) \cdot K_c$$

2.5 Maximum ADCP bereik

Het teruggekaatste ADCP-signaal wordt verstoord door de echo van de bodem of het wateroppervlak (RD Instruments, 1989) wanneer de meting respectievelijk van het oppervlakte naar de bodem of omgekeerd wordt uitgevoerd. Met andere woorden wordt het weerkaatste signaal van de bodem of de waterspiegel zo sterk dat deze het signaal, dat op de deeltjes weerkaatst, verstoort. Het maximum bereik van een ADCP meting wordt gegeven door volgende verhouding,

$$R_{\max} = D \cdot \cos(\theta)$$

Waarin,

R_{\max} = Maximaalmeetbereik

D = Afstand tussen ADCP transducer en bodem (of wateroppervlakte naargelang de meetrichting)

θ = Hoek van de meet beam met de verticale

2.6 Normalisatie van de transmissiekracht en de lengte

Bij metingen waarbij het ADCP toestel gevoed wordt door een batterij, moet men rekening houden met de afname van het vermogen en, dus ook de transmissiekracht (TK)(Wall, Nystrom, & Litten, 2006). De volgende verhoudingen laten toe om een correctie factor te berekenen voor de emissie intensiteit (EI),

$$TK = (TS \times 0,011451) \times (TV \times 0,380667)$$

Waarin,

TS = Transmissiestroom

TV = Transmissievoltage

De EI waarden worden vermenigvuldigd door een TK_n factor om de transmissiekracht te relateren aan een bepaalde referentie kracht. Bijvoorbeeld, voor een referentie van 25 Watts,

$$TK_n = \frac{25}{TK}$$

Eveneens, bij metingen waarbij de ADCP gevoed wordt met een generator, zouden de signalen gestandaardiseerd moeten worden voor een gegeven transmissiekracht uitgedrukt in W en voor een bepaalde K_c . Dit bijvoorbeeld voor de respectievelijke standaardwaarden van 25 W en 47 cnt. De EI moeten worden vermenigvuldigd met een 'transmissielengte normalisatiefactor' (TL_n). De transmissielengte (TL) kan geëxporteerd worden uit de ruwe ADCP data. De TL komt bijvoorbeeld in RDI Winriver overeen met de "transmit" parameter in de ASCII Output Wizard. De TL kan ook geproduceerd worden voor elk ensemble van een track met behulp van de software BBConv van RDI als de data met Winriver werd gemeten. Om het gemeten signaal vergelijkbaar te maken met een signaal van 47 cnts moet de volgende normalisatiefactor berekend worden,

$$TL_n = \frac{47}{TL}$$

2.7 Stroomsnelheidscorrecties aan de hand van saliniteit schattingen

Naargelang de multiparametersonde die de conductiviteit meet, kunnen de meeteenheden variëren: mS/cm of $\mu\text{S/cm}$. Die reeksen worden omgezet naar PSU met de SAL78 verhouding ongeacht de saliniteit van de locatie. Ter herinnering de SAL78 (Santen, 2011a; UNESCO/ICES/SCOR/IAPSO joint panel on oceanographic tables and standards, 1981) is enkel nauwkeurig boven de 2 mS/cm want deze verhouding werd afgeleid voor zoute- tot brakke watervoorwaarden.

2.8 ADCP afgeleide sedimentconcentratie in suspensie

De continue SSC kan indirect gemeten worden door het ADCP backscatter signaal (Deines, 1999; Gartner, 2002; Kim & Voulgaris, 2003; Lohrmann, 2001; MOURAENKO, 2004; Santen, 2011a; Thorne, Vincent, Hardcastle, Rehman, & Pearson, 1991; Urick, 1948; Wall et al., 2006). Hiervoor dient de correlatie tussen het absolute backscatter signaal (ABS) en de sediment concentratie berekend te worden door gebruik te maken van de SSC van de genomen watermonsters. Die laatste worden op drie verschillende dieptes (afhankelijk van de diepte) genomen. De dieptes worden gekozen rekening houdend met de spreiding van de backscatter in de verticale waterkolom. Deze backscatter kan real-time worden afgelezen op het scherm.

Elke ADCP meettrack dient met SSC stalen gecorreleerd te worden om een lineaire regressie tussen de twee parameters op te stellen en hiervan dan het SSC-profiel tijdens de ganse vaart te berekenen. De lineaire regressie is berekend op een iteratieve wijze. Voor elke regressie worden benaderde waarden van de R^2 en de constante parameters (a en b) van het $\log(\text{SSC})$ in functie van de ABS berekend. De verhouding is gegeven door de volgende functie.

$$\log(\text{SSC}(\text{mg/l})) = a + b \cdot \text{ABS}(\text{dB}) + c \cdot \text{ABS}^2(\text{dB})$$

Waarin,

a en b constant zijn, en c nul is.

Dit komt overeen met de volgende lineaire functie,

$$\log(\text{SSC}(\text{mg/l})) = a + b \cdot \text{ABS}(\text{dB})$$

De helling en intercept van deze lineaire regressie wordt dan gebruikt om de verhouding tussen ADCP ABS en ADCP SSC te verbeteren aan de hand van de waterstalen SSC.

De nauwkeurigheid van die benaderde lineaire verhouding hangt ook af van het ADCP toestel waarmee de metingen uitgevoerd werden aangezien dat de RSSI toestelgebonden is. De standaard waarden van RSSI (= 0,43) voor elke beam en Er (= 40) werden voor deze studie gebruikt.

De backscatter intensiteit vermindert in functie van de diepte. De oorzaken van intensiteit verlies zijn de akoestische spreiding, de water absorptie en de sediment absorptie. Deze verliestermen werden verbeterd. De korrelgrootteverdeling speelt ook een rol op het absorptie vermogen van het sediment in suspensie (Fettweis, Francken, Pison, & Van den Eynde, 2006; Landers, 2010; Sassi, Hoitink, & Vermeulen, 2012). Eén enkele verdeling kan gebruikt worden voor de berekening van één bepaalde regressie tussen ADCP ABS en watermonsters SSC. Eén enkele verdeling wordt gebruikt per campagne.

De stroomsnelheid kan een sterke overschatting van de gemeten SSC veroorzaken (Merckelbach, 2006). Deze kan tot een factor 60 hoger ingeschat worden omwille van turbulenties tijdens hoge stroomsnelheden. Tussen kentering en maximale eb of vloed snelheid, kan de SSC bijvoorbeeld toenemen van een tiental mg/l tot waarden in de orde van enkele honderden mg/l. Voor deze mogelijke afwijking wordt niet gecorrigeerd in het gehanteerde software pakket ViSea© van AQUAVISION©. Dit dient nog verder onderzocht te worden.

De invloed van turbulentie en schroefwater (gasbellen) van schepen op de nauwkeurigheid van de metingen is zeer hoog. Storingen tijdens de metingen die waargenomen werden op het terrein worden gelogd en nagekeken in postverwerking. Het ViSea© software pakket laat toe om significante ABS afwijkingen manueel te verwijderen en desnoods te interpoleren waar er data ontbreekt.

IMDC heeft de software Sediview gebruikt om SSC waarden te schatten tijdens de door hun uitgevoerde metingen van 2011(Quax, 2012). Sediview maakt gebruik van een andere relatie tussen ADCP backscatter en sediment concentratie dan ViSea. K_s is een meetlocatie- en instrument specifiek constante en S is de relatieve backscatter coëfficiënt. Die twee parameters worden door de software bepaald, naast water- en sedimentabsorptie.

2.9 Het debiet en zijn normalisatie

Het debiet werd gemeten door ADCP metingen uit te voeren op dwarsraaien. De gemeten stroomsnelheden werden vermenigvuldigd met de natte dwarsdoorsnede om de debieten te berekenen. De metingen werden geprojecteerd op een vaste referentie raai (Zie onderstaande Tabel 8 voor coördinaten).

Tabel 8 – Referentie coördinaten van de gemeten dwarsraaien

WGS 84 UTM 31N				
Meting locaties	Begin raai		Eind raai	
	Breedte	Lengte	Breedte	Lengte
Schoonaarde	570730	5650825	570720	5650895
Terhagen	598560	5659360	598456	5659440
Kruibeke	592720	5669374	593040	5669399
Driegoten	582032	5661193	582229	5661175
Oosterweel	595757.2	5677023	595717.2	5677504
Liefkenshoek	590243	5683236	590588	5683942

Het debiet werd genormaliseerd om een vergelijking met historische resultaten mogelijk te maken. De normaliseringsmethodiek werd gecommuniceerd door Leen Dekker van Rijkswaterstaat (1999). Die wordt samengevat door volgende verhouding:

$$Q(V)_n = Q(V)_m * F$$

Met,

$Q(v)_n$ = Genormeerd debiet (getijvolume)

$Q(v)_m$ = Gemeten debiet (getijvolume)

F = Normeringscoëfficiënt = TV_j / TV_m

TV_j = Jaargemiddeld tijverschil van de dichtst bij de meting gelegen waterstandslocatie in het jaar van de meting

TV_m = Gemeten tijverschil van de dichtst bij de meting gelegen waterstands-(hoofd)locatie tijdens de meting. TV_m is gelijk aan het gemiddelde van de tijverschillen tussen het LW van de gemeten dag en de voorgaande en opvolgende hoogwaters.

De nauwkeurigheid van de genormeerde waarde neemt af, naarmate de normeringscoëfficiënt meer afwijkt van de waarde 1. Onder meer om deze afwijking niet te groot te laten worden meten wij zoveel mogelijk bij een matig springtij, het zogenaamde morfologisch getij, met normeringscoëfficiënt $F = 0,91$.

Het WL heeft bovenstaande verhouding nog aangepast door het tienjarige gemiddelde tijverschil van 2001-2010 te gebruiken uit (Vanlierde et al., 2016). Dit in plaats van het jaarlijkse tijverschil. In de rapporten uit het verleden (Levy, Y. et al., 2014a, 2014b, 2014c, 2014d, 2014e; Levy, Y. et al. 2015; Levy, Y. et al., 2014; Quax, 2012; Santen, 2010e, 2010h, 2010i, 2010j, 2010k, 2010l, 2010m, 2011c, 2011d, 2011e, 2010a, 2010b, 2010c, 2010d) werd het gemiddelde tijverschil van 1991-2000 gebruikt. Enkel in Schoonaarde werd toen de gemiddelde tijverschil van 2001-2010 gebruikt.

Onderstaande Tabel 9 geeft de waterstanden bij elke meting en de kleuren duiden aan welke tijdzone werd gebruikt tijdens de meting.

Tabel 9 – Tabel van de opgetreden waterstanden tijdens de 13 uursmetingen tussen 2009 en 2016

Jaar	Verloop	Meetlocatie								
		Schoonaarde	Boom	Terhagen	Kruikeke	Oosterweel	Driegoten	Liefkenshoek	Schellebelle	Dendermonde
2009	Begin	7:13	6:58	Geen meting	5:27	7:37	7:24	5:27		
	Einde	20:02	19:44		18:20	20:29	20:20	18:31		
	Duur	12:49	12:46		12:53	12:52	12:56	13:04		
	Waterstanden	HW, LW, HW	LW, HW		HW, LW, HW	LW, HW	LW, HW	HW, LW, HW		
2010	Begin	6:39	6:19	Geen meting	5:41	6:07	5:32	5:54		
	Einde	19:00	18:50		18:17	18:51	18:27	18:53		
	Duur	12:21	12:31		12:36	12:44	12:55	12:59		
	Waterstanden	HW, LW, HW	LW, HW		HW, LW, HW	LW, HW	HW, LW, HW	LW, HW		
2011	Begin	7:46	Geen meting	7:34	6:53	4:29	7:45	5:03	Geen meting	
	Einde	20:27		20:26	19:12	17:15	19:40	17:42		
	Duur	12:41		12:52	12:19	12:46	11:55	12:39		
	Waterstanden	LW, HW		LW, HW	HW, LW, HW	HW, LW, HW	LW, HW	HW, LW, HW		
2012	Begin	8:30	Geen meting	7:07	6:48	7:18	6:23	5:23		
	Einde	20:13		19:45	20:00	20:41	19:07	18:57		
	Duur	11:43		12:38	13:12	13:23	12:44	13:34		
	Waterstanden	HW, LW, HW		HW, LW, HW	HW, LW, HW	LW, HW	HW, LW, HW	HW, LW, HW		
2013	Begin	8:04	Geen meting	7:56	6:10	5:58	7:19	6:13		
	Einde	20:05		19:37	19:16	19:06	19:15	19:24		
	Duur	12:01		11:41	13:05	13:07	11:56	13:11		
	Waterstanden	LW, HW		HW, LW, HW	HW, LW	LW, HW	LW, HW	LW, HW		
2014	Begin	8:32	Geen meting	7:49	8:33	7:03	6:28	6:35	7:28	7:49
	Einde	21:38		20:19	20:18	19:52	19:31	19:47	19:33	19:50
	Duur	13:06		12:30	11:45	12:49	13:03	13:12	12:05	12:01
	Waterstanden	HW, LW, HW		LW, HW	LW, HW	LW, HW	HW, LW	LW, HW	LW, HW	HW, LW, HW
2015	Begin	6:28	Geen meting	6:23	6:43	6:41	6:23	7:17	Geen meting	
	Einde	19:05		19:03	20:02	19:16	19:03	20:07		
	Duur	12:37		12:40	13:19	12:35	12:40	12:50		
	Waterstanden	LW, HW		LW, HW	LW, HW	HW, LW, HW	LW, HW			
2016	Begin	7:21	Geen meting	7:38	7:53	8:09	6:43	8:17	Geen meting	
	Einde	20:00		20:17	20:34	19:41	19:21	21:17		
	Duur	12:39		12:39	12:41	11:32	12:38	13:00		
	Waterstanden	LW, HW		LW, HW	LW, HW	HW, LW, HW	LW, HW	HW, LW, HW		

AQUAVISION	2009 en 2011 is in MET. 2010 te Kruikeke, Liefkenshoek en Oosterweel zijn in MET+1 (dus locale zomer tijd).
IMDC	MET
WL	MET

2.10 Het rapporteren van de stromingen met ViSea DPS

Elke verticale meting komt er overeen met een gemiddelde van metingenpulsen (pings) gedurende vier à vijf seconden. Onderstaande figuren illustreren de stromingsrichtingen ter hoogte van de dwarsraaien van de 13 uur meetlocaties.

Figuur 4 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Schoonaarde



Figuur 5 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Terhagen



Figuur 6 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Kruibeke



Figuur 7 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Oosterweel



Figuur 8 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Driegoten



Figuur 9 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Liefkenshoek



Onderstaande Tabel 10 geeft een overzicht van de stroomrichtingen die gebruikt werden in ViSea DPS sinds 2012 om onderscheid te maken tussen eb- en vloeddebieten:

Tabel 10 – Referentie positieve stroomrichtingen

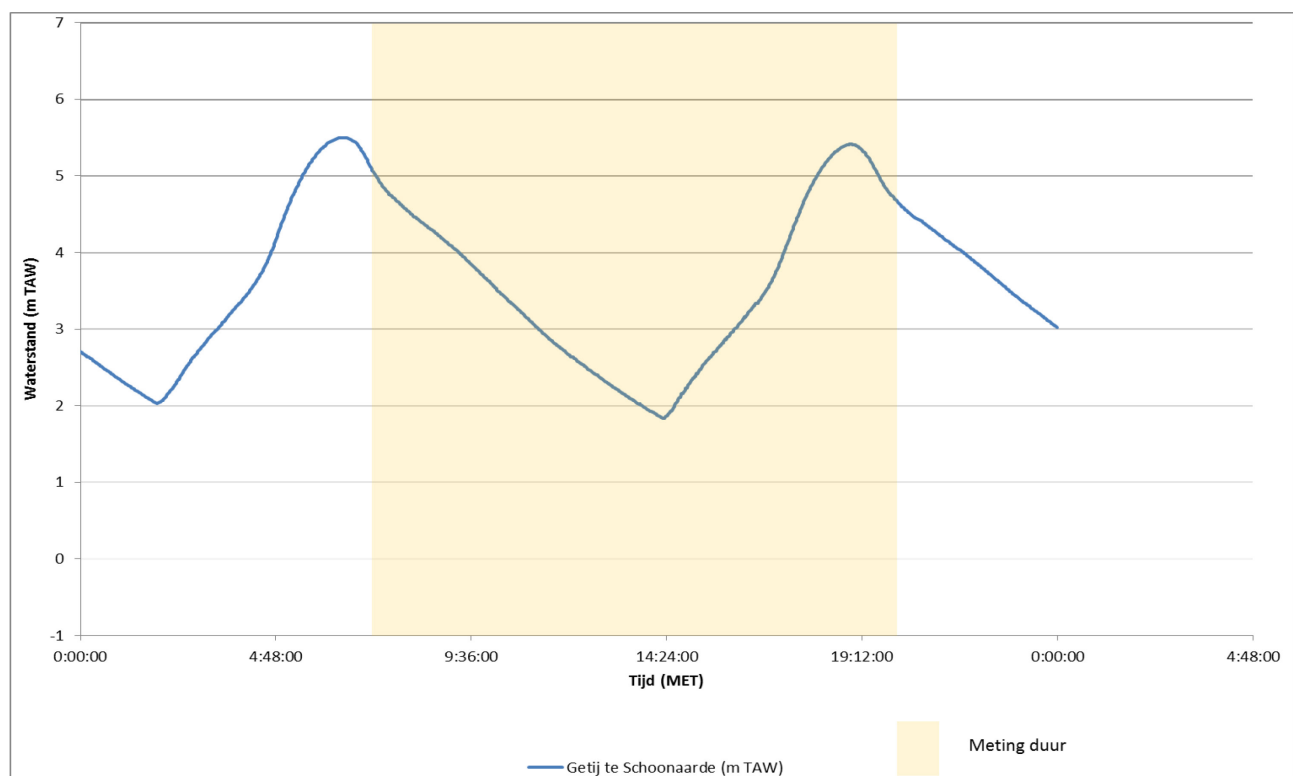
Locatie	Stroomrichting(°)	
	Eb	Vloed
Dendermonde	157	337
Driegoten	12	192
Kruike	357	177
Liefkenshoek	297	117
Oosterweel	272	92
Schellebelle	144	324
Schoonaarde	83	263
Terhagen	219	39

2.11 De getijden

Onderstaande *getijkrommen* tonen de waterstandsevolutie tijdens de meting. De doorzichtig gekleurde rechthoek toont de periode van het getij dat bemeten is geweest.

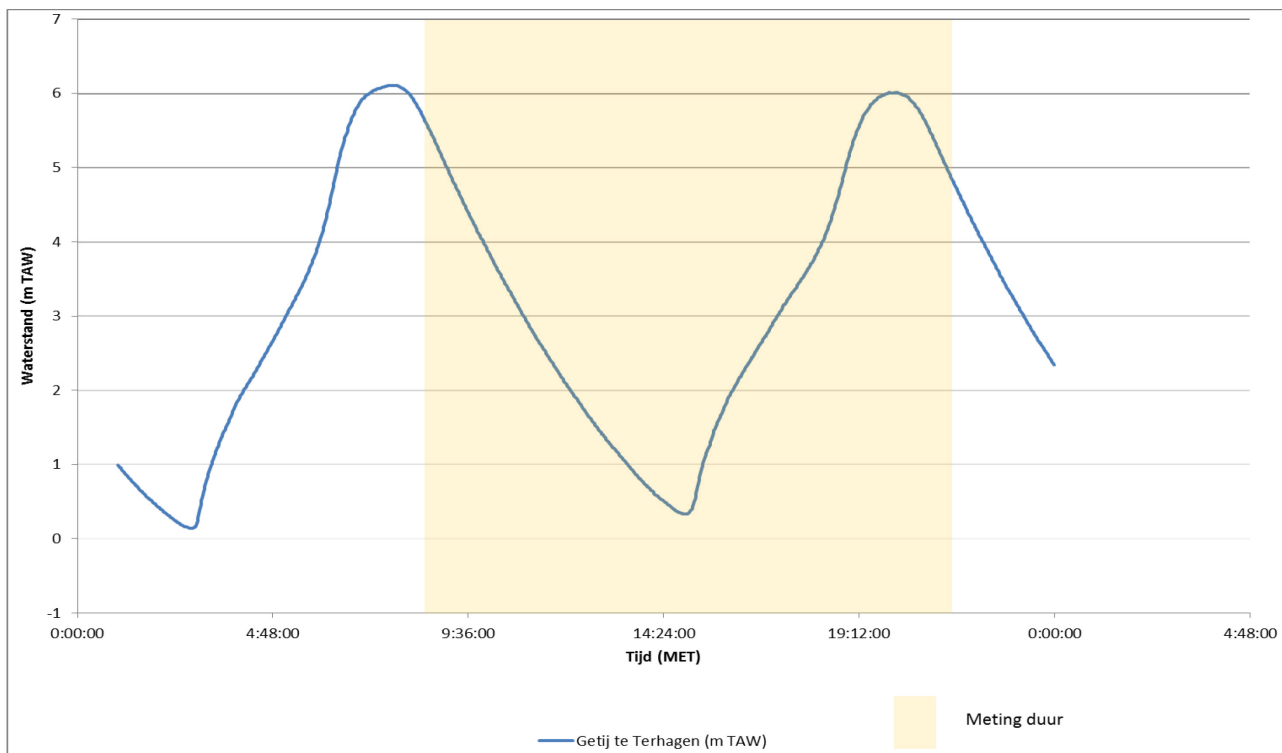
2.11.1 Het getij te Schoonaarde op 06/06/2016

Figuur 10 – Het getij te Schoonaarde op 06/06/2016



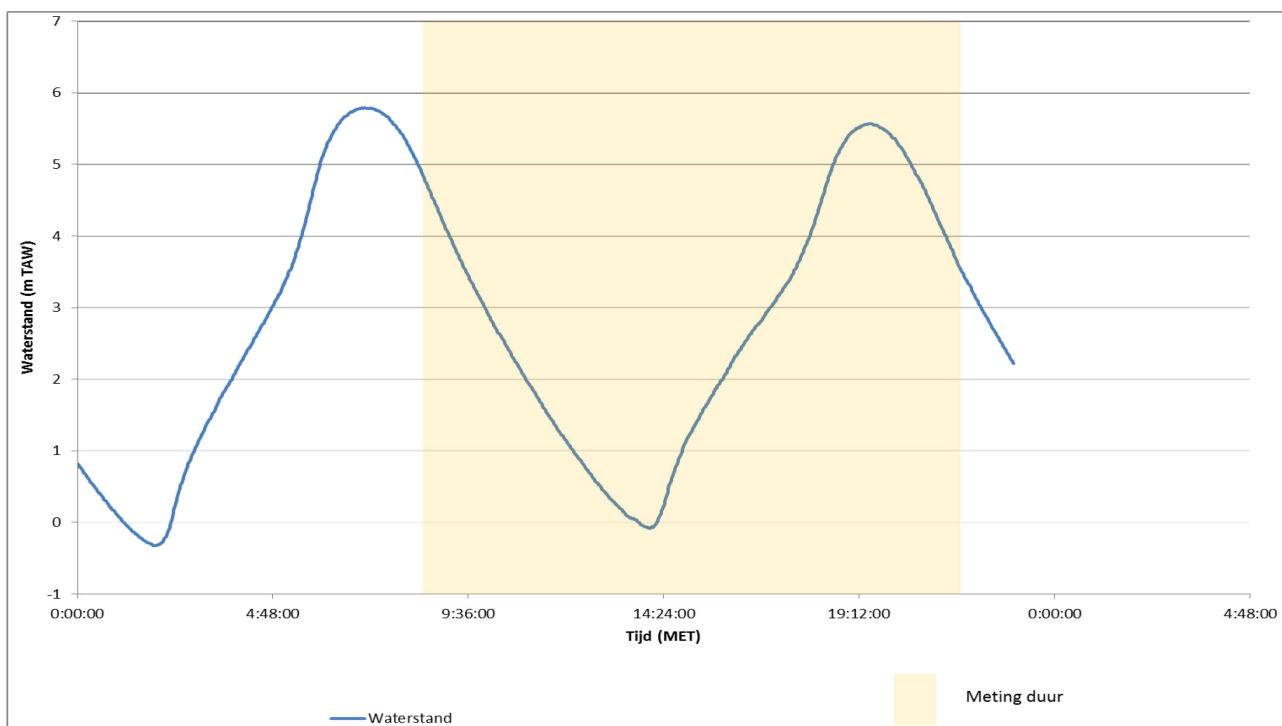
2.11.2 Het getij te Terhagen op 08/06/2016

Figuur 11 – Het getij te Terhagen op 08/06/2016



2.11.3 Het getij te Kruikeke op 09/06/2016

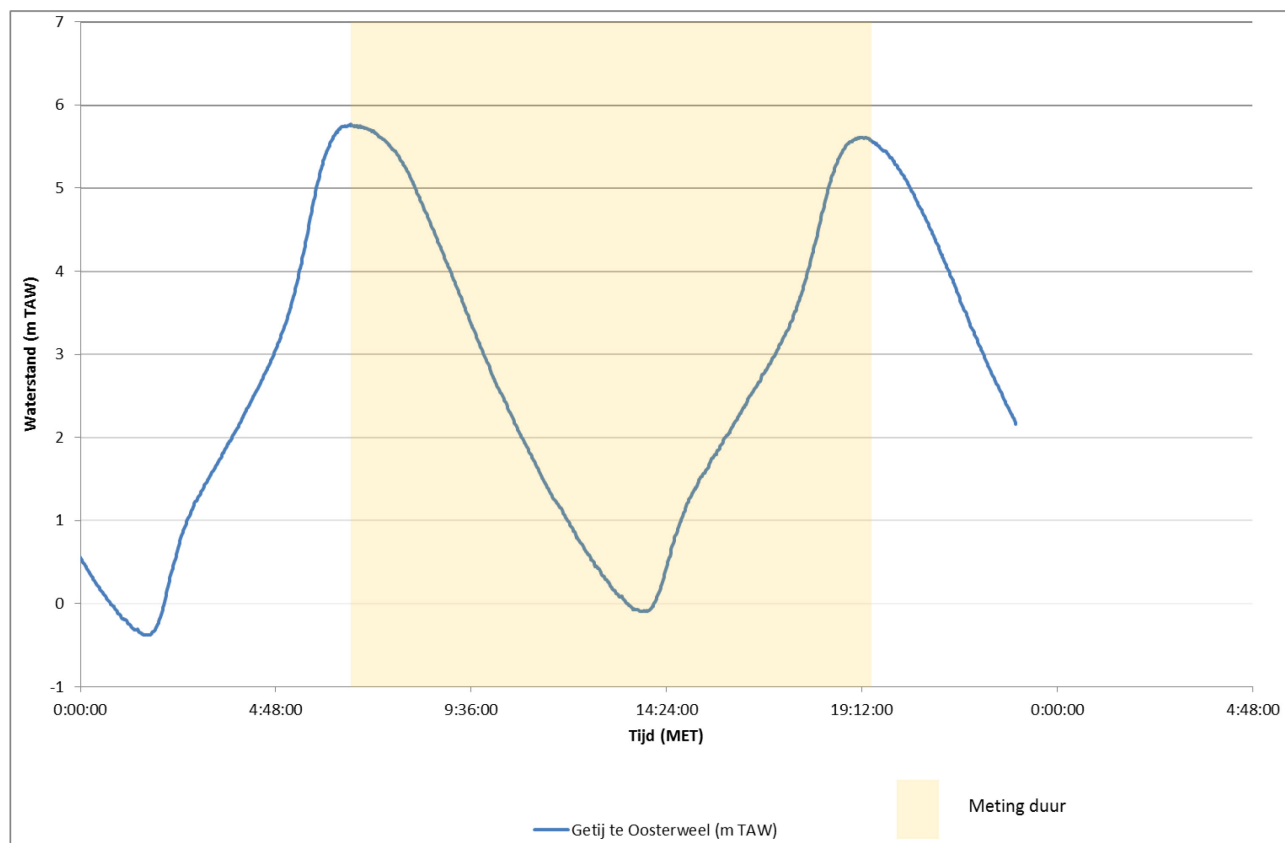
Figuur 12 – Het getij te Kruikeke op 09/06/2016



2.11.4 Het getij op het Loodsgebouw (Oosterweel) op 11/05/2016

Het getij van het Loodsgebouw wordt weergegeven in plaats van het getij te Oosterweel. Het Loodsgebouw is de dichtstbijzijnde meetpost ten opzichte van Oosterweel.

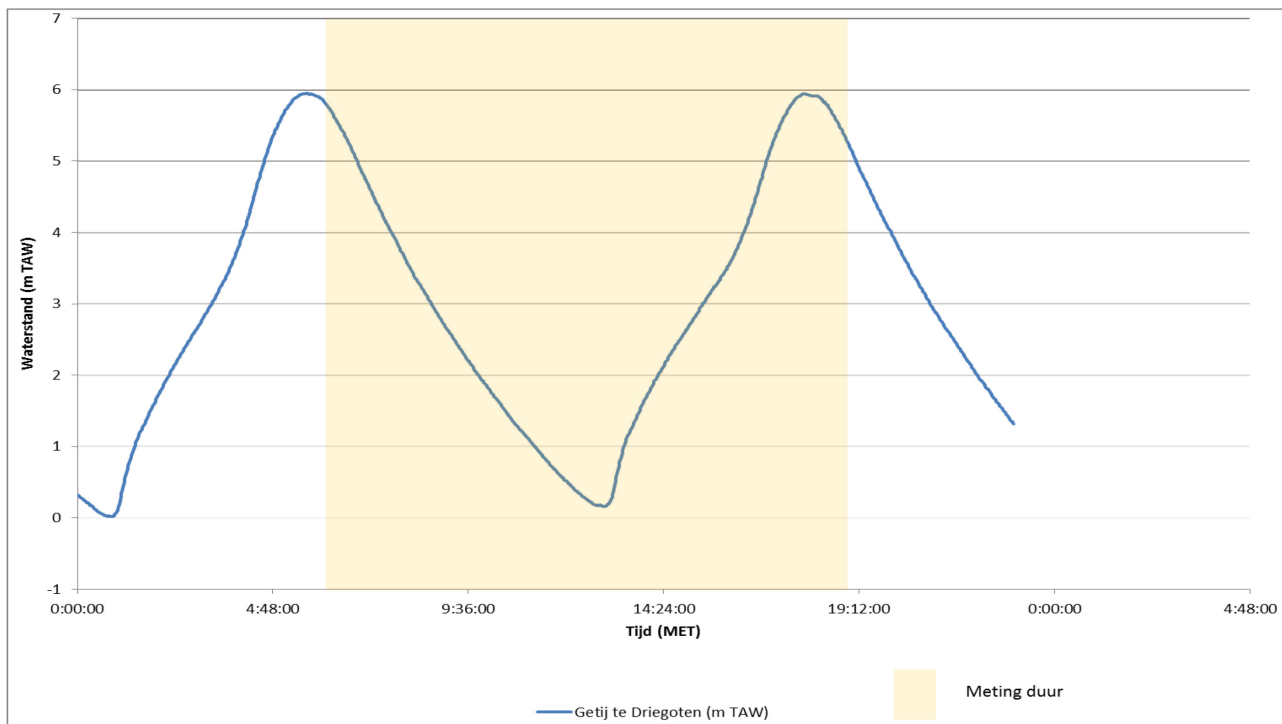
Figuur 13 – Het getij op het Loodsgebouw op 11/05/2016



2.11.5 Het getij te Driegoten op 22/06/2016

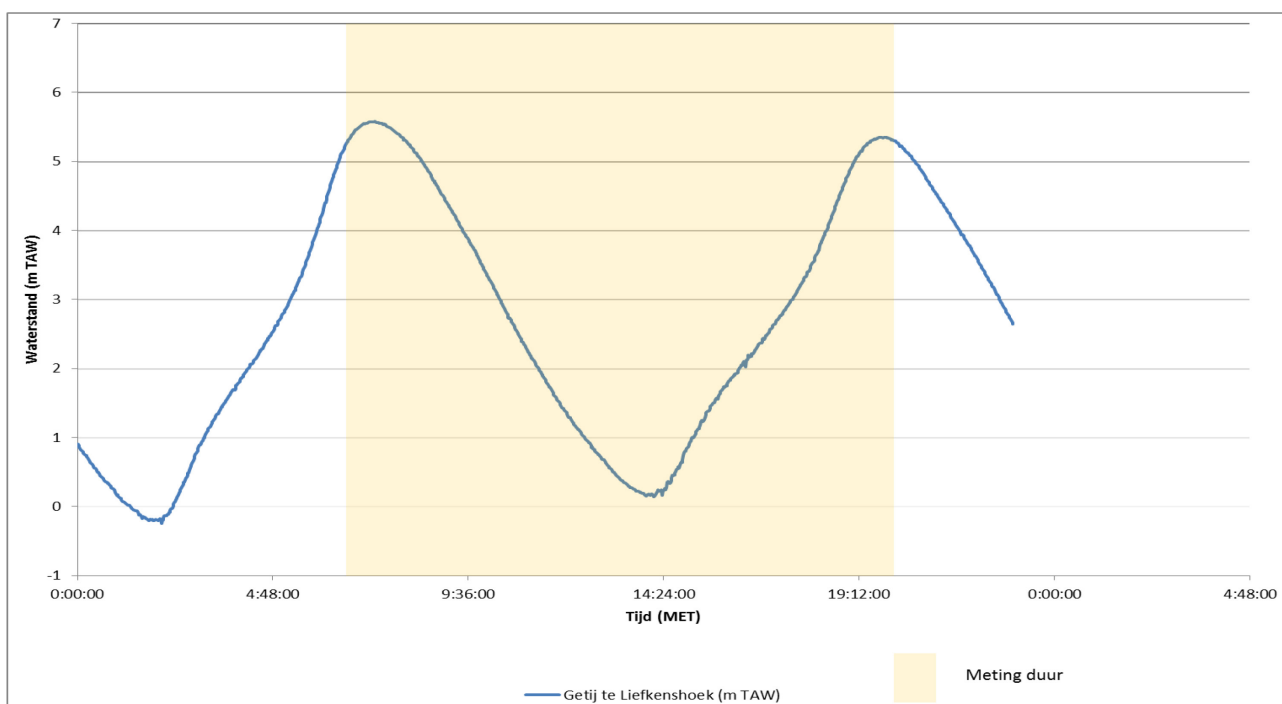
De getijkromme toont de waterstandsevolutie tijdens de meting. De doorzichtig gekleurde rechthoek toont de periode van het getij dat bemeaten is geweest.

Figuur 14 – Het getij te Driegoten op 22/06/2016



2.11.6 Het getij te Liefkenshoek op 12/05/2016

Figuur 15 – Het getij te Liefkenshoek op 12/05/2016



3 Resultaten

3.1 Stromingen

De met ViSea DPS geproduceerde stromingsfiguren staan op volgende netwerk locaties.

Schoonaarde:

P:\13_086-
MONEOSvollety\9_Rapportering\2016\Schoonaarde20160606_VEREMANS\Debiet\Dwarsraaien\Figuren\BT

Terhagen:

P:\13_086-
MONEOSvollety\9_Rapportering\2016\Terhagen20160608_VEREMANS\Debiet\Dwarsraaien\Figuren\BT

Kruikeke:

P:\13_086-
MONEOSvollety\9_Rapportering\2016\Kruikeke20160609_VEREMANS\Debiet\Dwarsraaien\Figuren\BT

Oosterweel:

P:\13_086-
MONEOSvollety\9_Rapportering\2016\Oosterweel20160511_HONDIUS\Debiet\Dwarsraaien\Figuren\BT

Driegoten:

P:\13_086-
MONEOSvollety\9_Rapportering\2016\Driegoten20160622_VEREMANS\Debiet\Dwarsraaien\Figuren\BT

Liefkenshoek:

P:\13_086-
MONEOSvollety\9_Rapportering\2016\Liefkenshoek20160512_HONDIUS\Debiet\Dwarsraaien\Figuren\BT

3.2 Debiet

Onderstaande ViSea DPS “ViSea 10 Discharge” figuren illustreren het debietverloop tijdens de verschillende metingen van 2016.

Figuur 16 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Schoonaarde op 06/06/2016

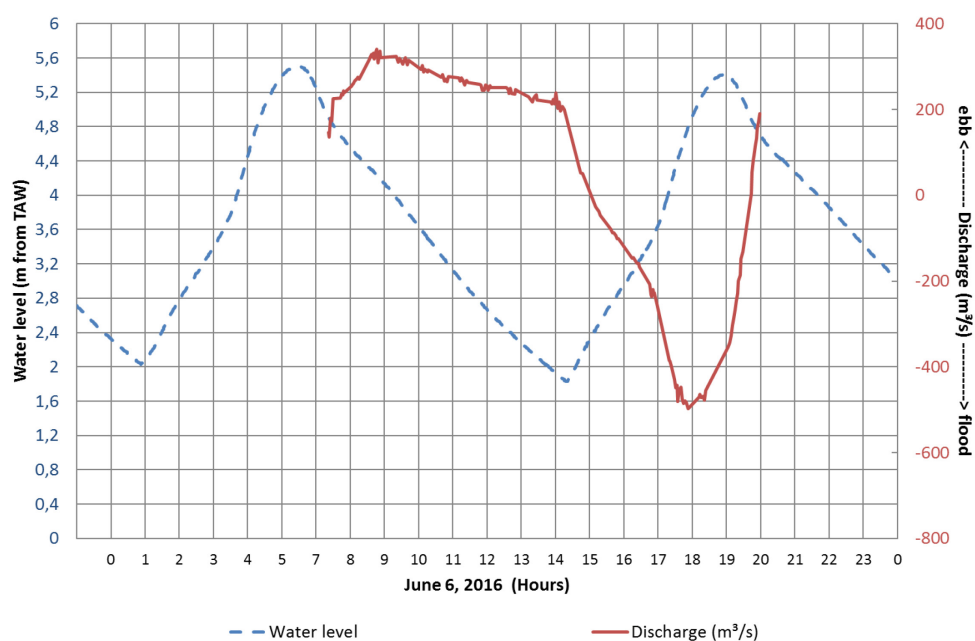
Transect on June 6, 2016

Time: 07:21-19:58

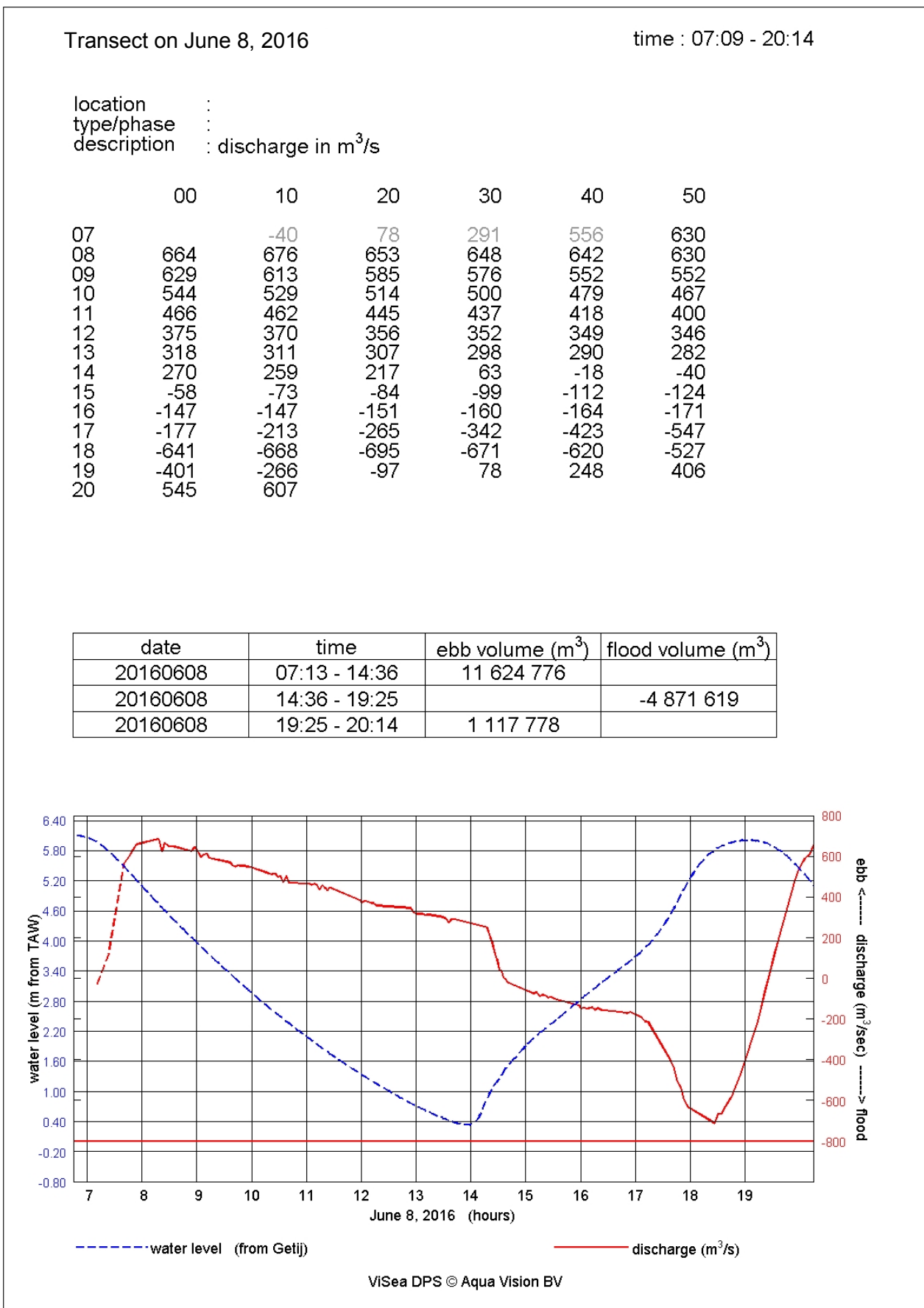
description: discharge in m³/s

	00	10	20	30	40	50
7				225,36	226,99	240,22
08	251,85	269,79	283,90	309,50	330,66	322,05
09	321,89	322,85	323,80	311,60	305,74	306,88
10	297,49	291,66	290,06	282,43	274,80	264,40
11	275,50	274,29	260,58	262,07	259,73	252,43
12	253,95	251,70	251,70	251,70	246,01	246,75
13	239,00	232,31	217,94	221,64	219,78	217,91
14	227,76	199,28	178,98	126,96	75,19	40,55
15	6,78	-27,00	-50,37	-67,07	-86,96	-101,74
16	-120,07	-139,38	-152,16	-173,79	-195,75	-225,69
17	-265,57	-327,92	-386,24	-438,81	-448,80	-484,03
18	-486,34	-472,63	-472,96	-440,15	-414,20	-388,25
19	-362,31	-302,24	-217,65	-117,64	-24,63	111,74

Date	Time	ebb volume (m ³)	flood volume (m ³)
20160606	07:21-14:50	6 410 600,932	
20160606	14:50-19:37		-4 803 433,953
20160606	19:37-20:00	270 074,958	



Figuur 17 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Terhagen op 08/06/2016



Figuur 18 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Kruibekke op 09/06/2016

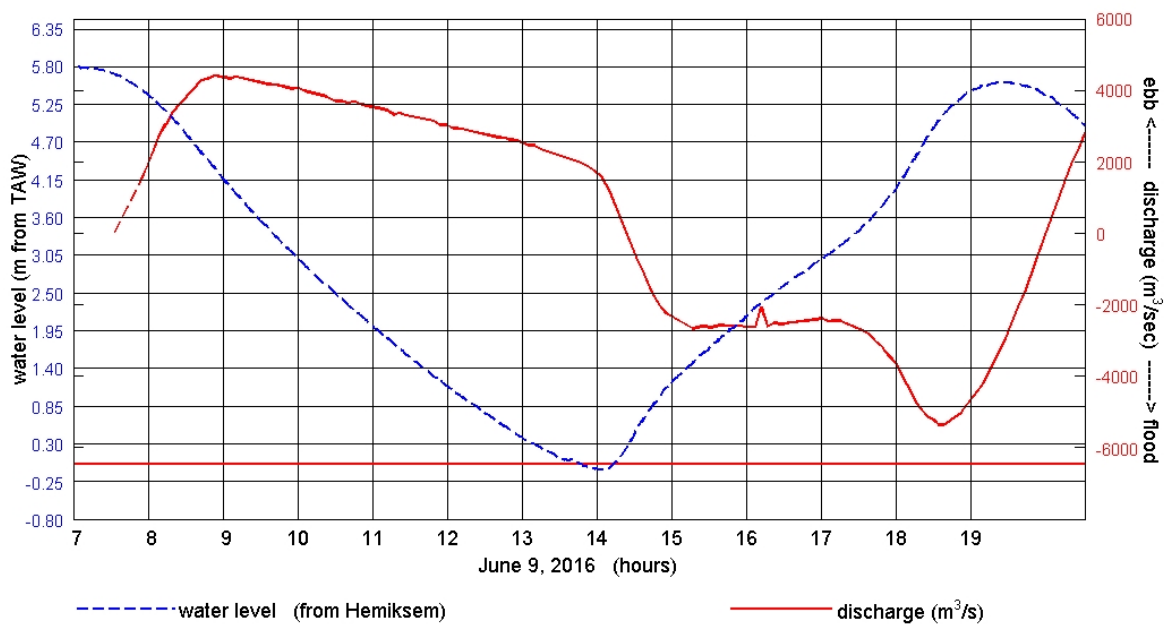
Transect on June 9, 2016

time : 07:31 - 20:31

location :
 type/phase :
 description : discharge in m³/s

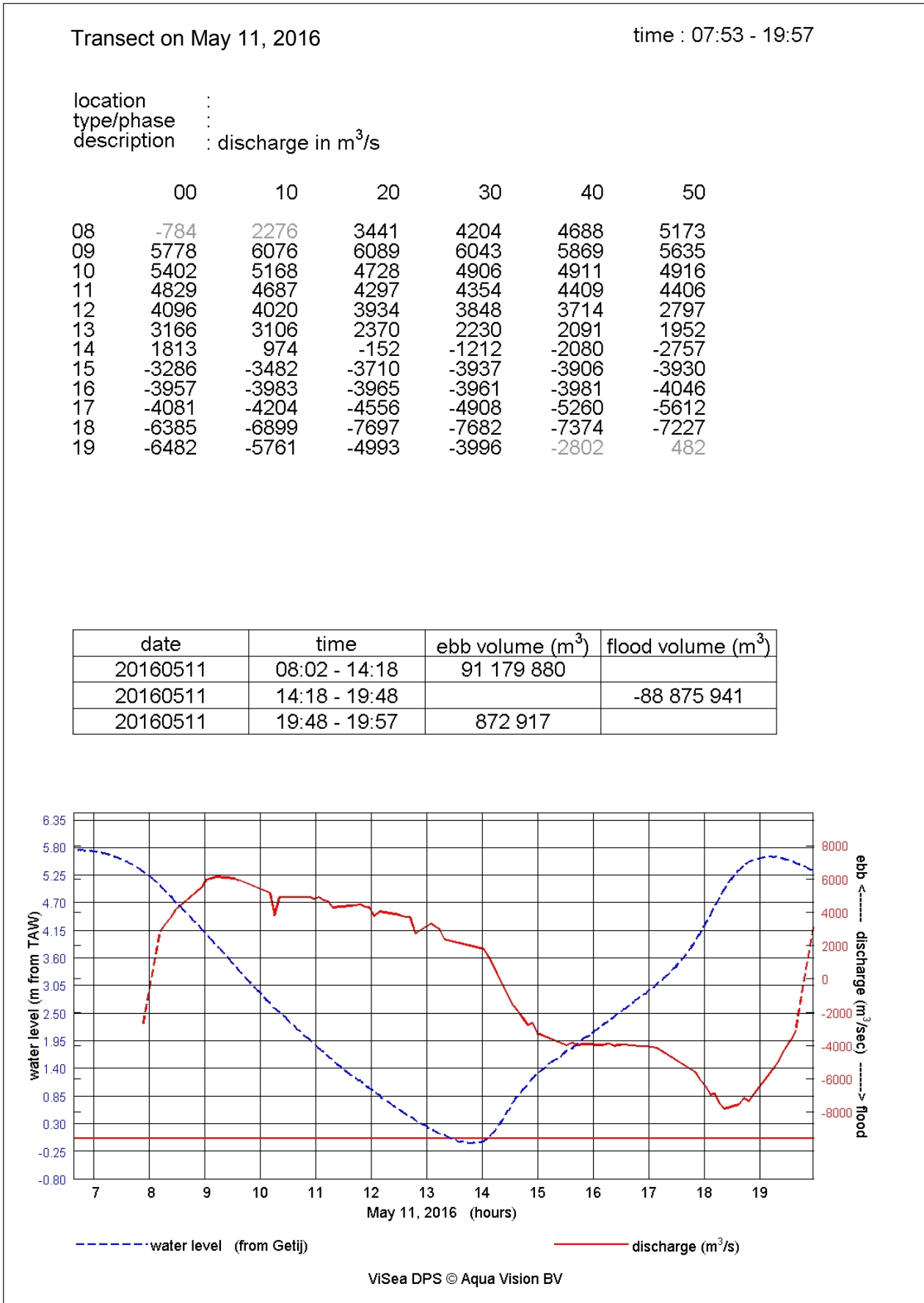
	00	10	20	30	40	50
07					483	1164
08	1949	2792	3391	3778	4166	4353
09	4365	4369	4299	4217	4156	4098
10	4058	3946	3855	3701	3651	3627
11	3537	3454	3359	3274	3205	3121
12	3028	2928	2837	2764	2690	2630
13	2540	2453	2289	2174	2060	1922
14	1695	1209	331	-548	-1288	-2000
15	-2326	-2524	-2645	-2632	-2577	-2595
16	-2607	-2301	-2564	-2534	-2481	-2441
17	-2390	-2448	-2514	-2669	-2866	-3239
18	-3648	-4303	-4902	-5214	-5332	-5086
19	-4668	-4233	-3515	-2812	-1938	-1009
20	-83	894	1872	2656		

date	time	ebb volume (m ³)	flood volume (m ³)
20160609	07:32 - 14:23	74 262 216	
20160609	14:23 - 20:00		-58 240 892
20160609	20:00 - 20:31	2 716 529	

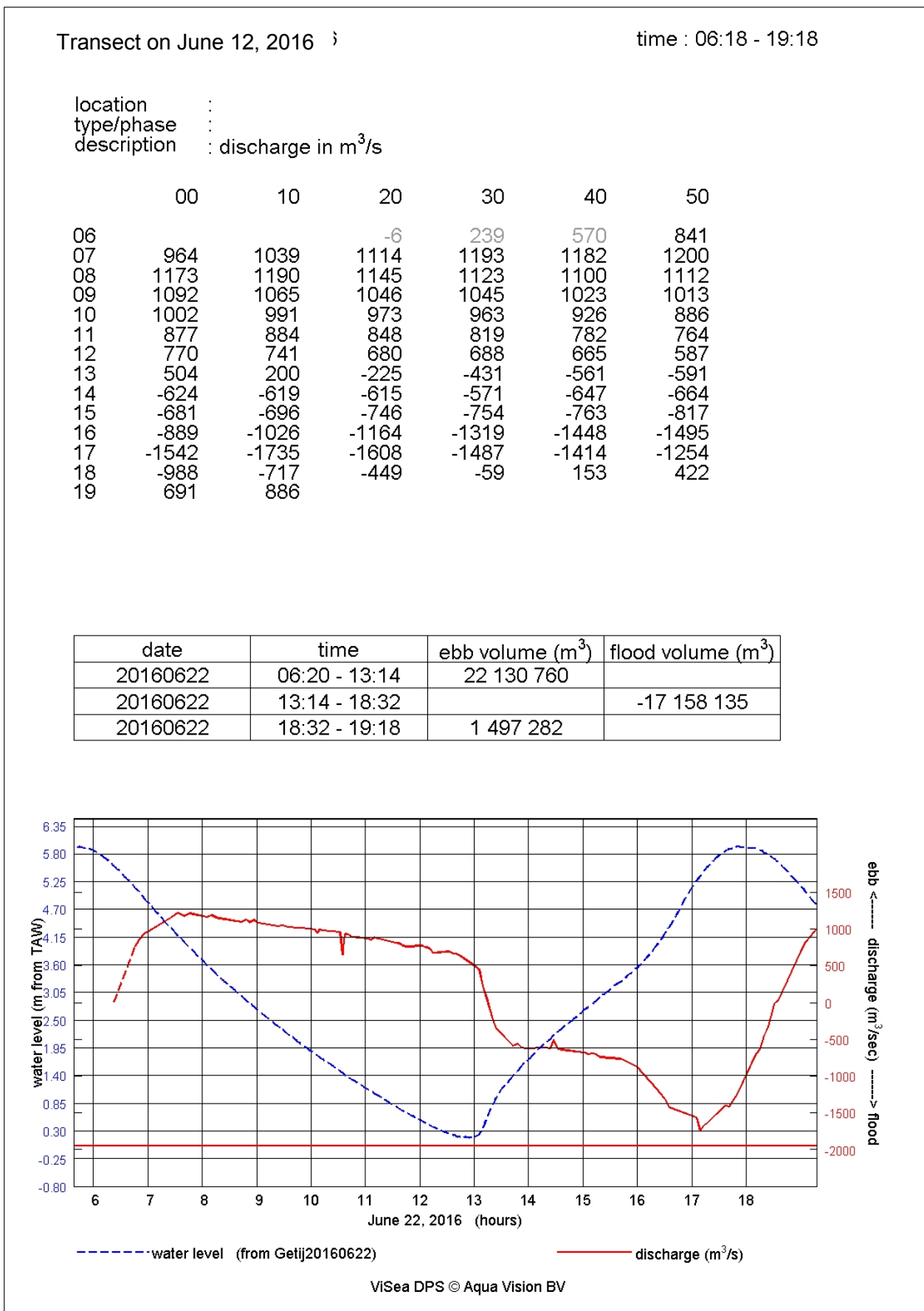


ViSea DPS © Aqua Vision BV

Figuur 19 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Oosterweel op 11/05/2016



Figuur 20 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Driegoten op 22/06/2016



Figuur 21 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Liefkenshoek op 12/05/2016

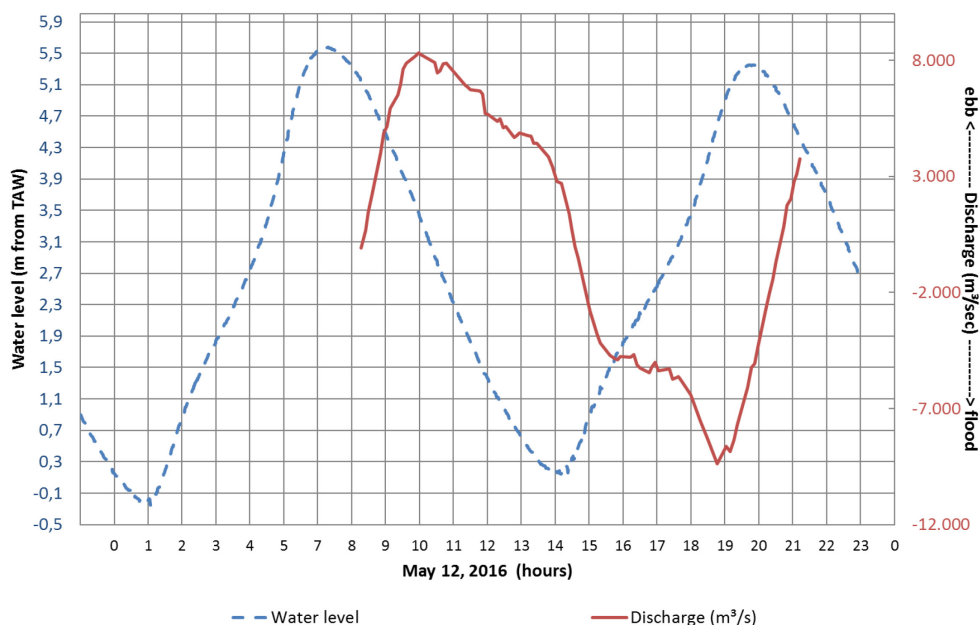
Transect on May 12, 2016

Time: 08:17-21:12

description: discharge in m³/s

	00	10	20	30	40	50
08			235,84	1539,37	2707,63	3834,08
09	5031,92	6024,66	6470,92	7448,17	7949,64	8136,03
10	8292,44	8147,07	7995,70	7616,05	7747,83	7799,56
11	7521,61	7243,67	6965,72	6756,70	6710,61	6594,00
12	5691,98	5514,04	5430,94	5121,50	4917,83	4711,10
13	4854,23	4771,62	4552,23	4334,96	4056,39	3697,64
14	2988,66	2718,78	1830,12	670,27	-454,04	-1541,58
15	-2648,65	-3454,04	-4174,35	-4479,00	-4748,50	-4907,85
16	-4766,62	-4790,61	-4767,29	-5262,88	-5383,88	-5262,51
17	-5225,84	-5337,70	-5298,45	-5701,29	-5681,04	-6041,63
18	-6425,94	-7110,47	-7760,43	-8355,14	-8964,65	-9235,07
19	-8756,53	-8801,42	-7927,13	-6973,37	-6043,84	-5134,16
20	-4111,20	-3031,66	-1871,19	-689,59	358,23	1684,40
21	2522,04	3450,98				

Date	Time	ebb volume (m ³)	flood volume (m ³)
	8:17-8:24		2 080 144,795
20160512	8:24-14:35	116 229 808,081	
20160512	08:26-14:35		-108 758 832,246
20160512	17:52-19:05	4 720 672,795	



3.3 Sediment concentratie

Tabel 11 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC

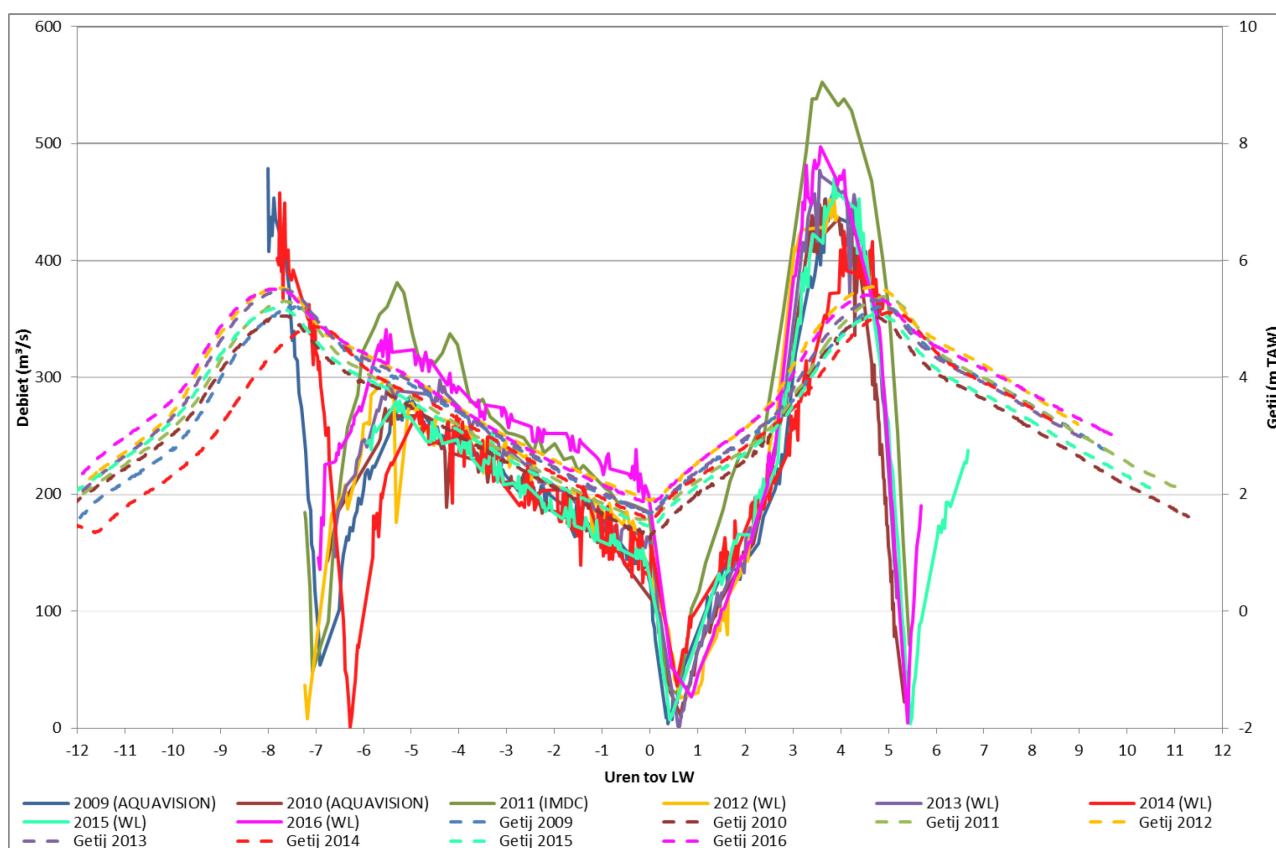
Meting locatie	Jaar														
	2012			2013			2014			2015			2016		
	Helling	Intercept	R ² (%)	Helling	Intercept	R ² (%)	Helling	Intercept	R ² (%)	Helling	Intercept	R ² (%)	Helling	Intercept	R ² (%)
Schoonaarde	0,0453	3,2909	77	0,0386	3,3691	83	0,0455	3,9563	80	0,0300	3,2853	53	0,0361	3,2046	78
Terhagen	0,0267	2,8400	60	0,0744	4,6583	81	0,0516	4,0692	80	0,0214	3,0604	25	0,0435	3,7105	77
Kruikeke	0,0459	4,0833	63	0,0048	2,5889	27	0,0249	3,1060	69	0,0249	3,1060	69	0,0546	4,0917	78
Oosterweel	0,0509	3,5692	84	0,0446	3,9865	80	0,0449	3,9517	84	0,0364	3,9651	71	0,0496	4,2212	73
Driegoten	0,0336	3,0336	62	0,0531	4,2361	89	0,0458	3,5050	81	0,0571	4,5337	78	0,0612	4,5249	87
Liefkenshoek	0,0630	4,6673	89	0,0611	4,6983	91	0,0610	4,5150	82	0,0723	5,7521	85	0,0678	4,8164	73
Gemiddelde			72,5			75,17			79,33			63,5			77,67

3.4 Vergelijking met resultaten uit het verleden

Resultaten uit het verleden komen uit de gevalideerde reeksen van de jaarlijkse 13 uursmeting rapporten van 2009 tot en met 2015 (Levy, Y.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Mostaert, 2014a, 2014b, 2014c, 2014d, 2014e; Y Levy et al., 2015; Yair Levy et al., 2014; Quax, 2012; Santen, 2010e, 2010h, 2010i, 2010j, 2010k, 2010l, 2010m, 2011c, 2011d, 2011e, 2010a, 2010b, 2010c, 2010d)

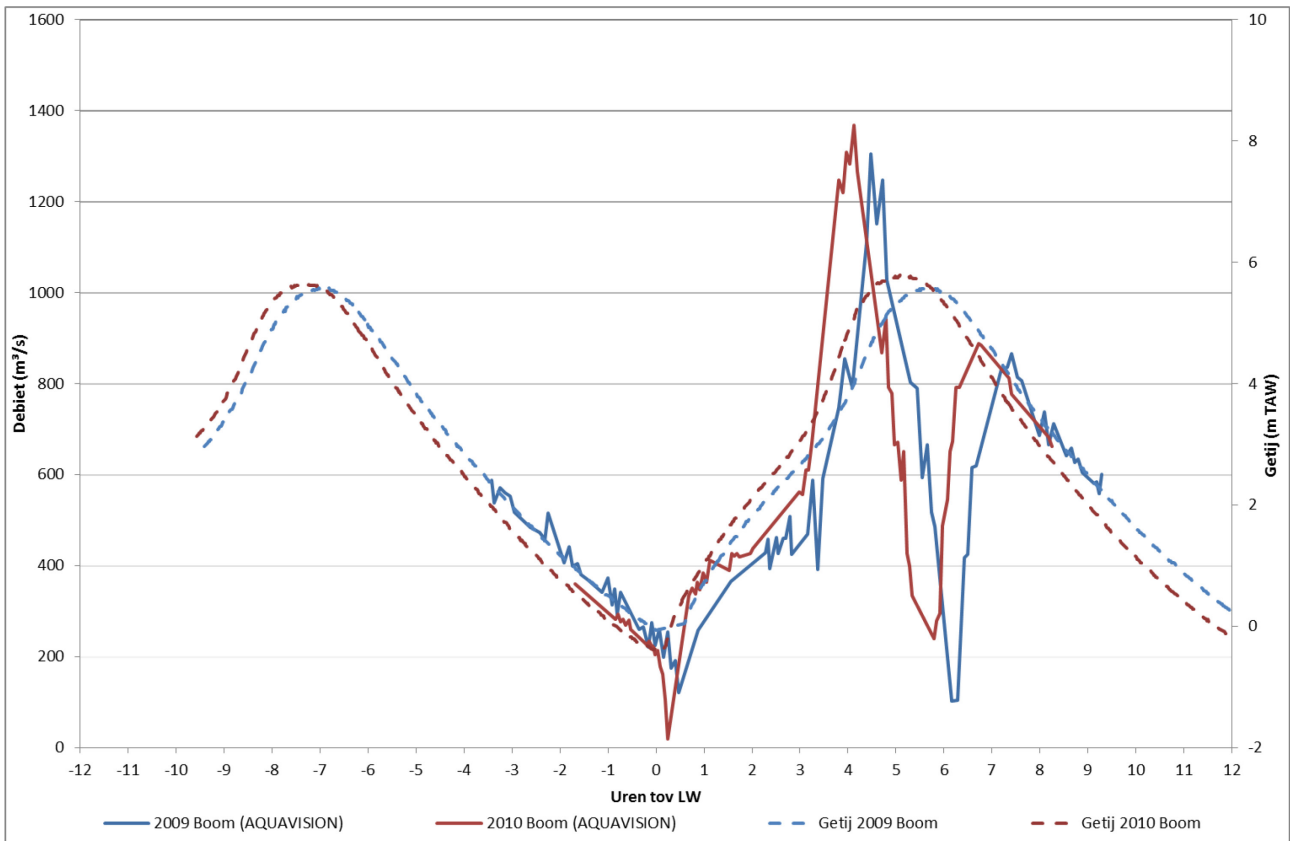
3.4.1 Vergelijking van debieten en getij tussen 2009 en 2016

Figuur 22 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2016 te Schoonaarde

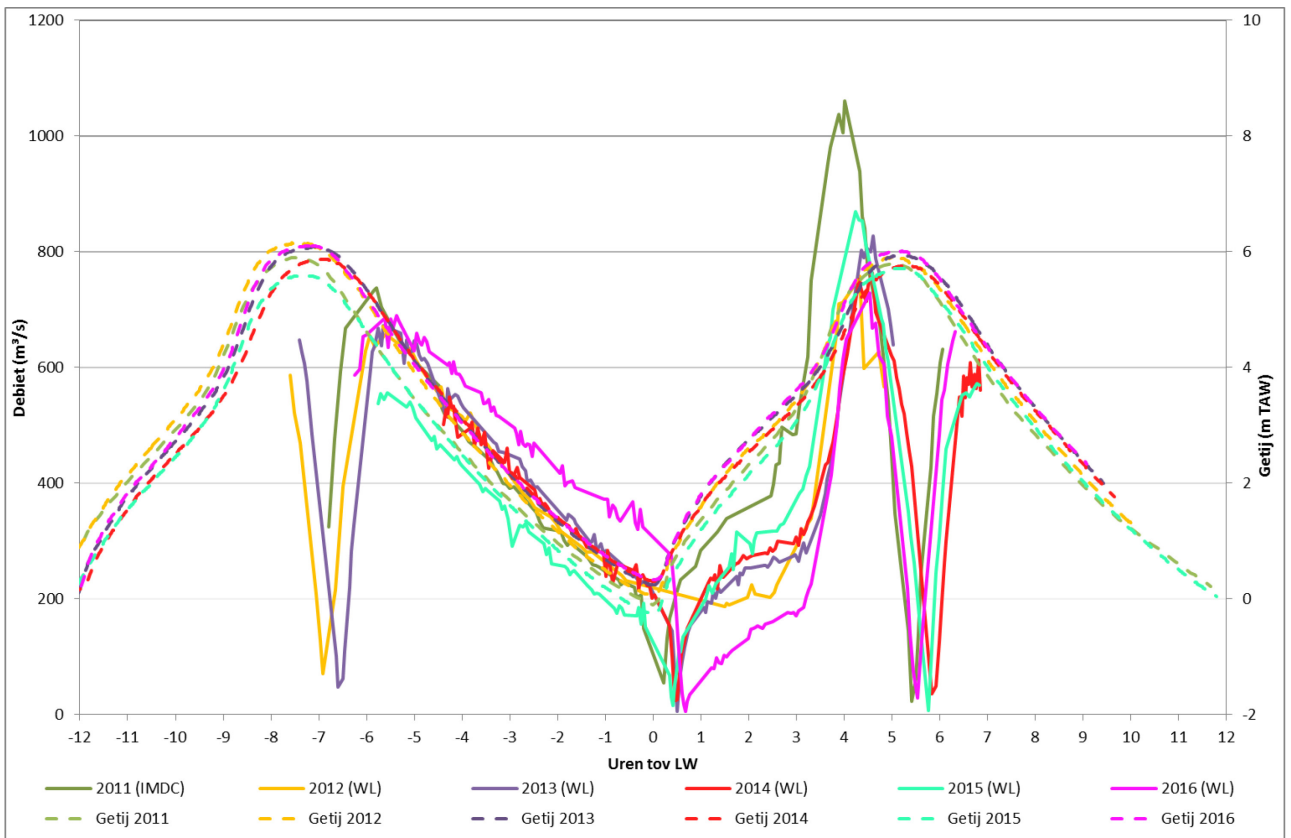


Het debiet van 2016 komt vrij goed overeen met de debieten uit het verleden.

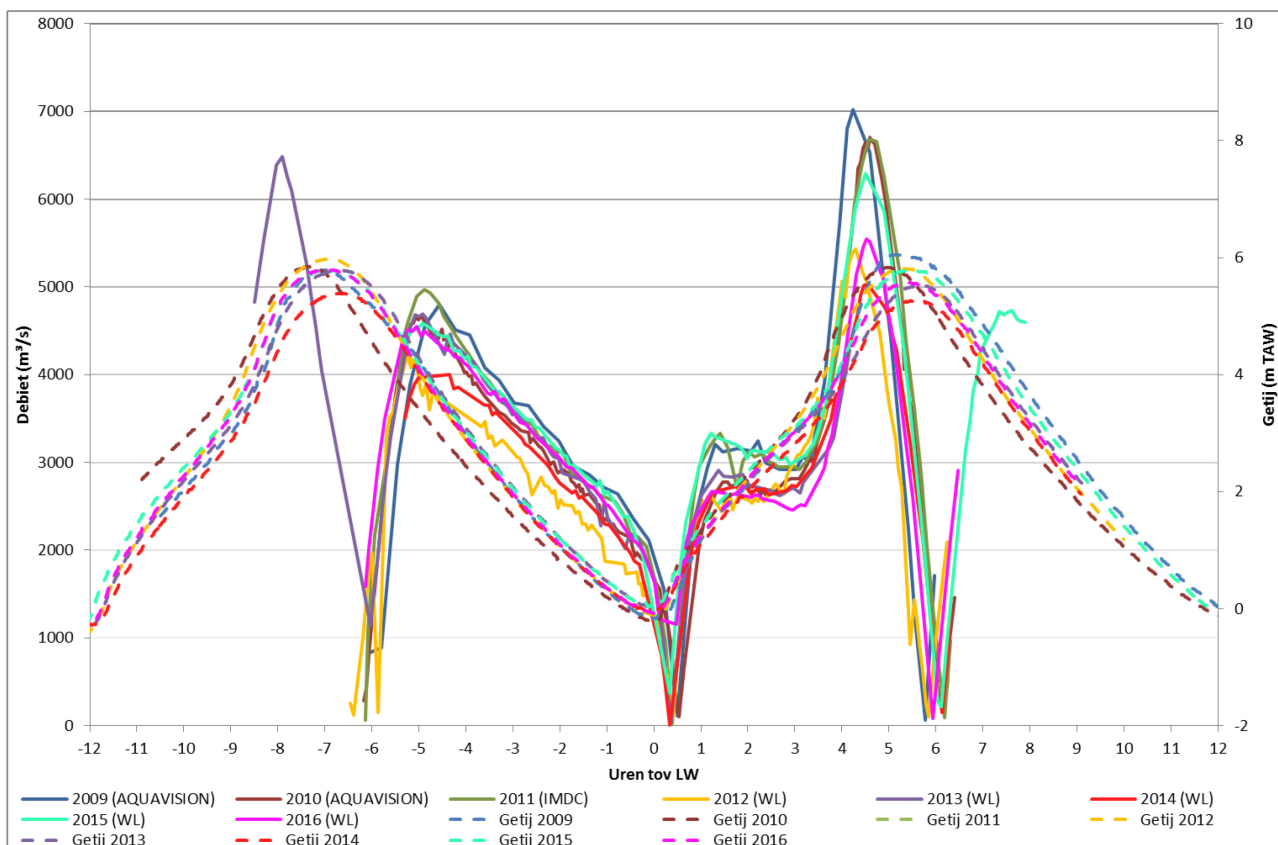
Figuur 23 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 en 2010 te Boom



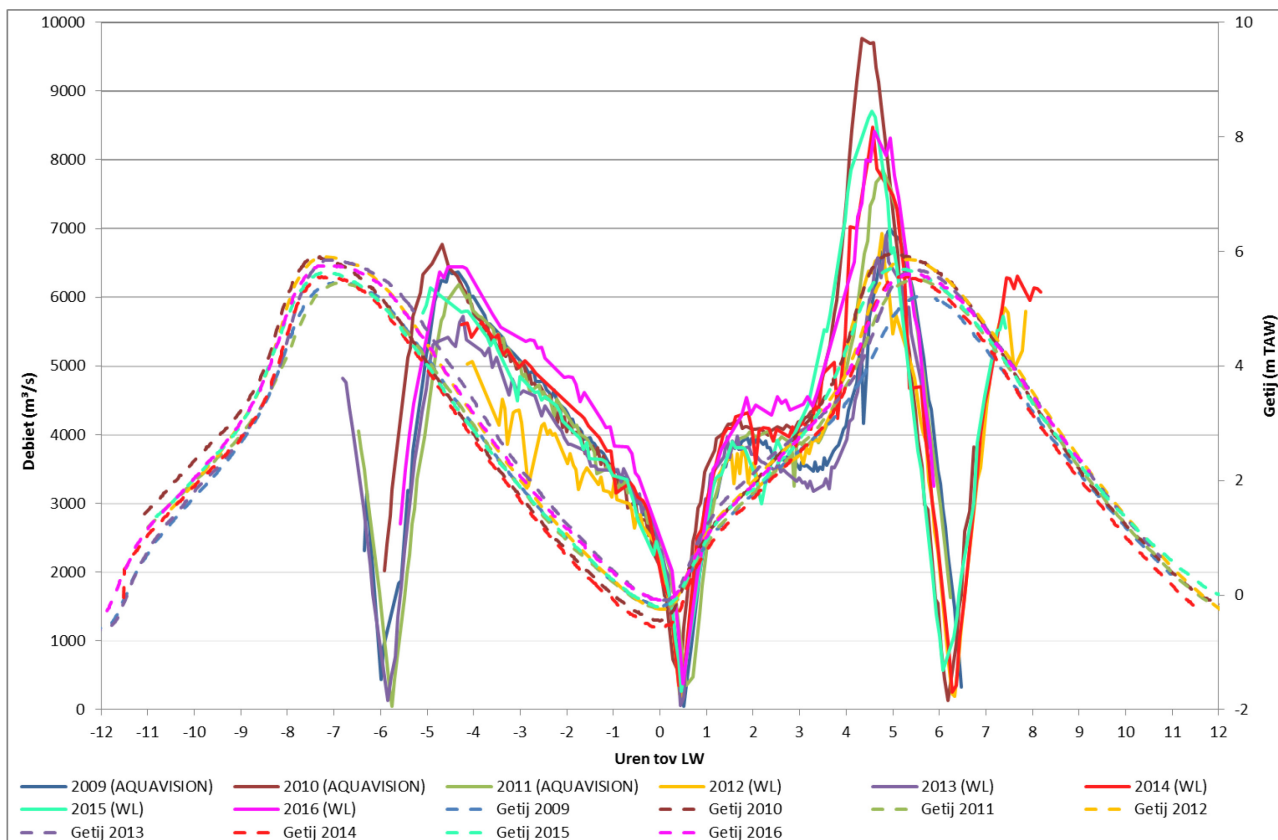
Figuur 24 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2011 en 2016 te Terhagen



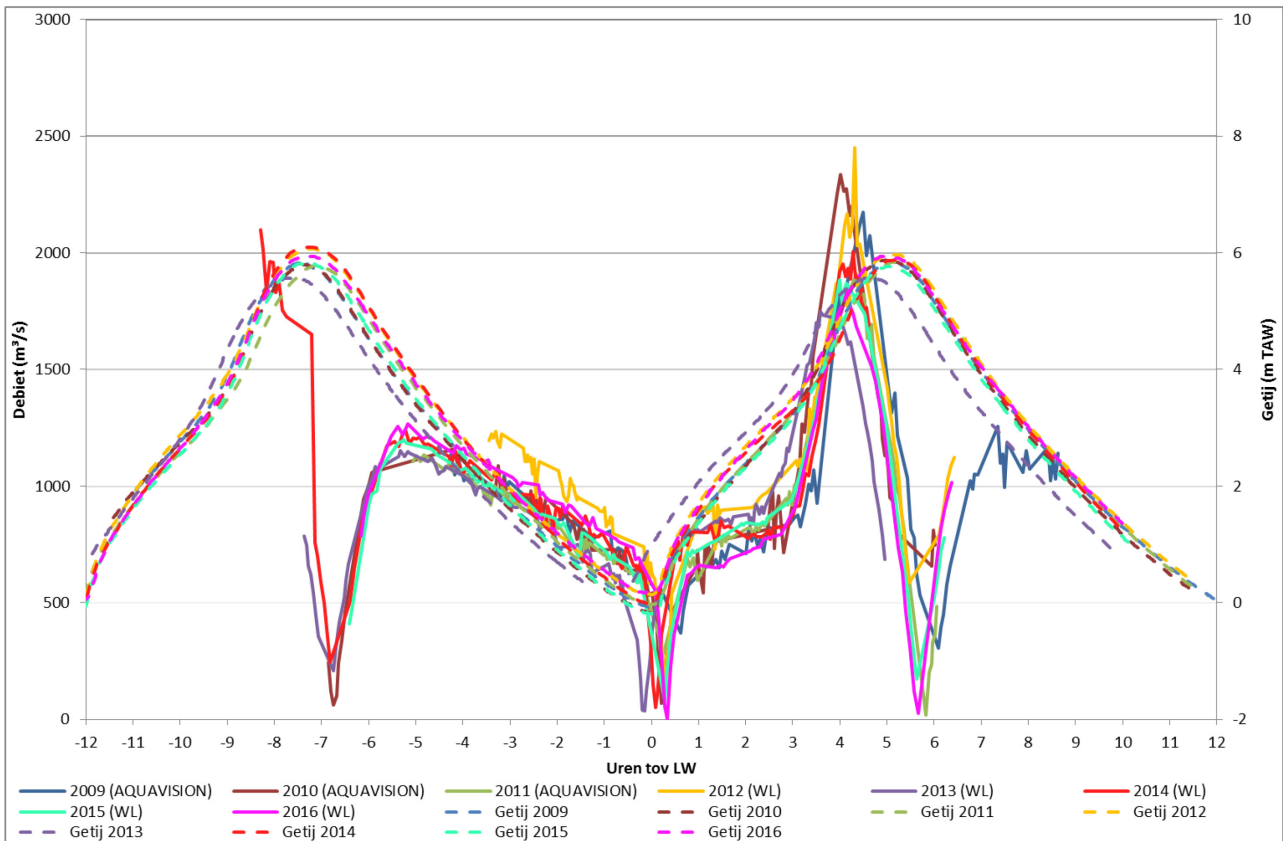
Figuur 25 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2016 te Kruibeke



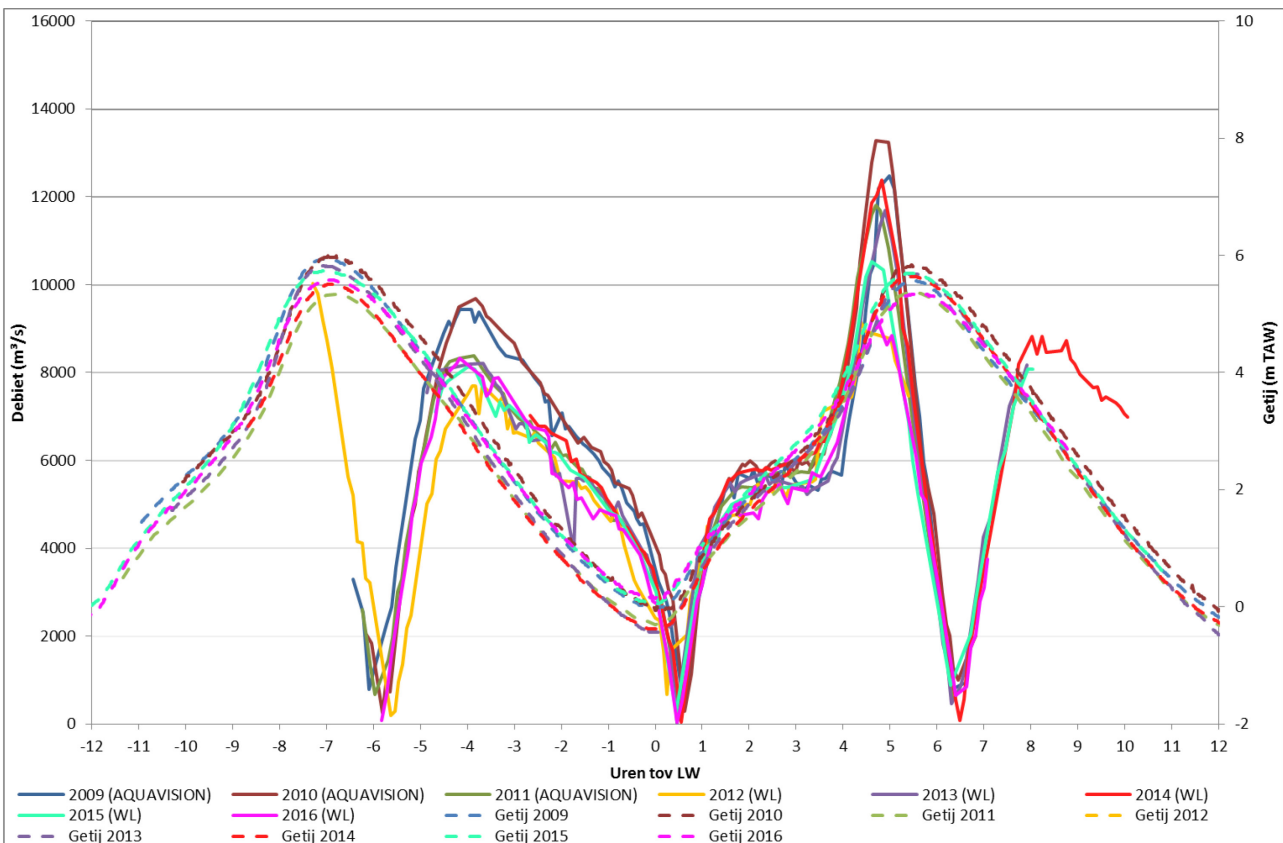
Figuur 26 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2016 te Oosterweel



Figuur 27 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2016 te Driegoten



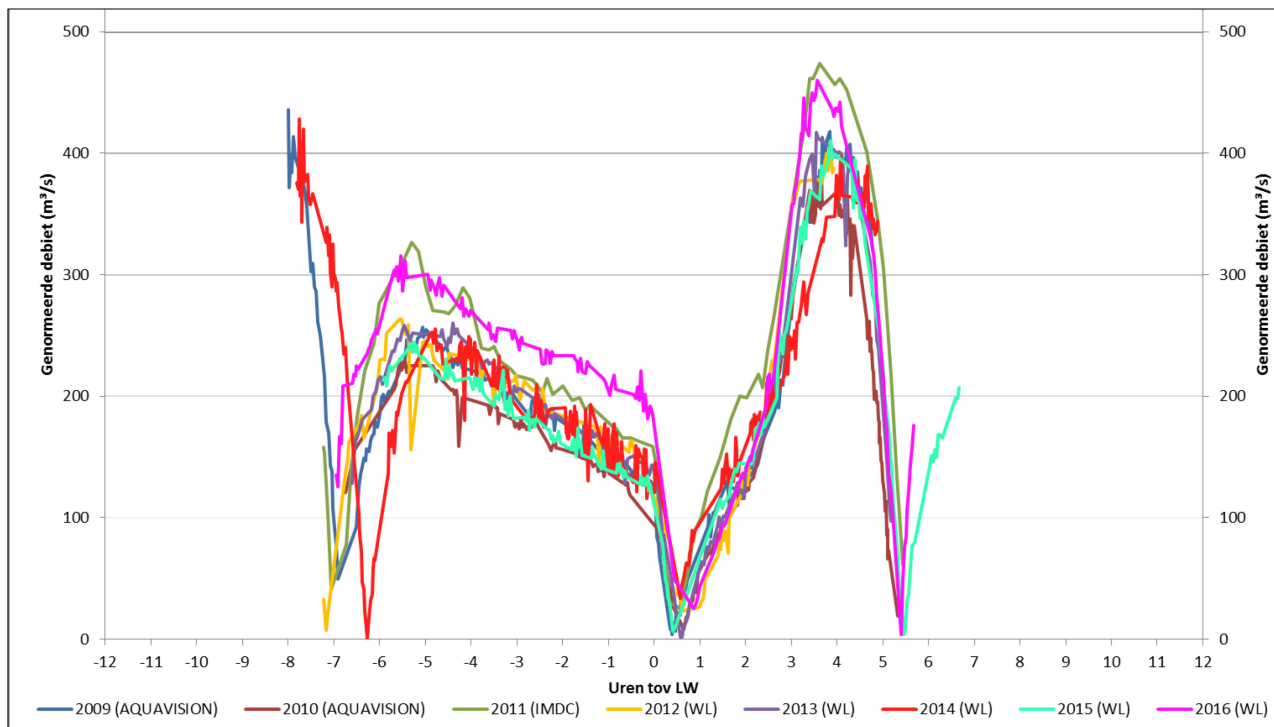
Figuur 28 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2016 te Liefkenshoek



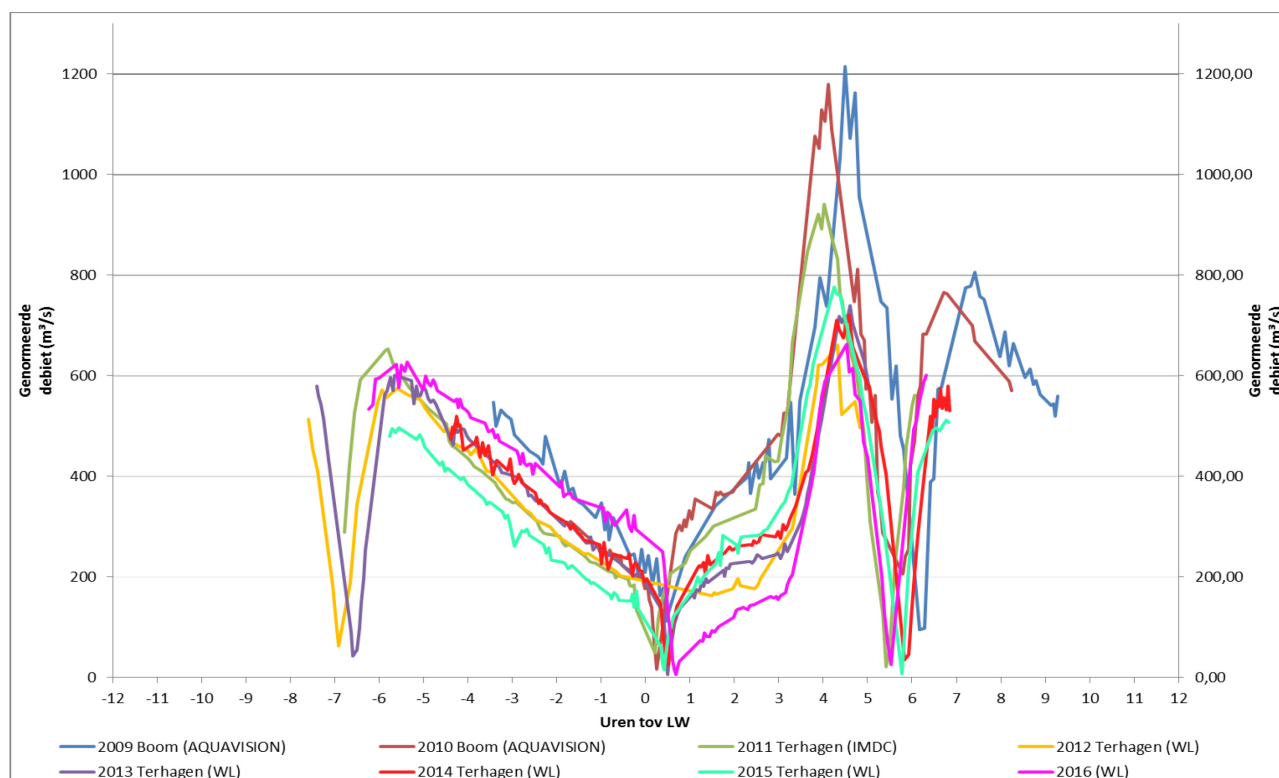
3.4.2 Vergelijking van genormeerde debieten en getij tussen 2009 en 2016

10-jarig gemiddelde tijverschillen werden gebruikt voor de normalisatie van het debiet.

Figuur 29 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2016 te Schoonaarde



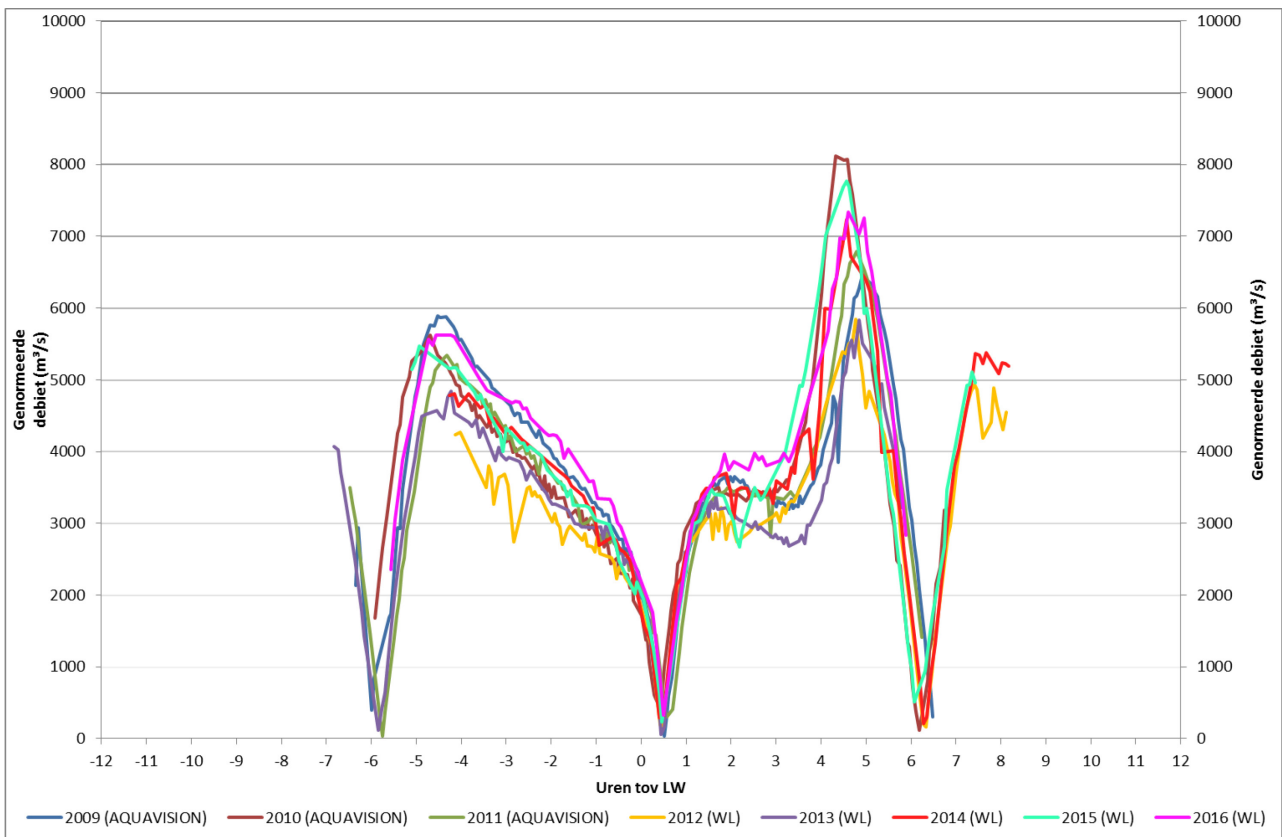
Figuur 30 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 en 2010 te Boom en van 2011 tot en met 2016 te Terhagen



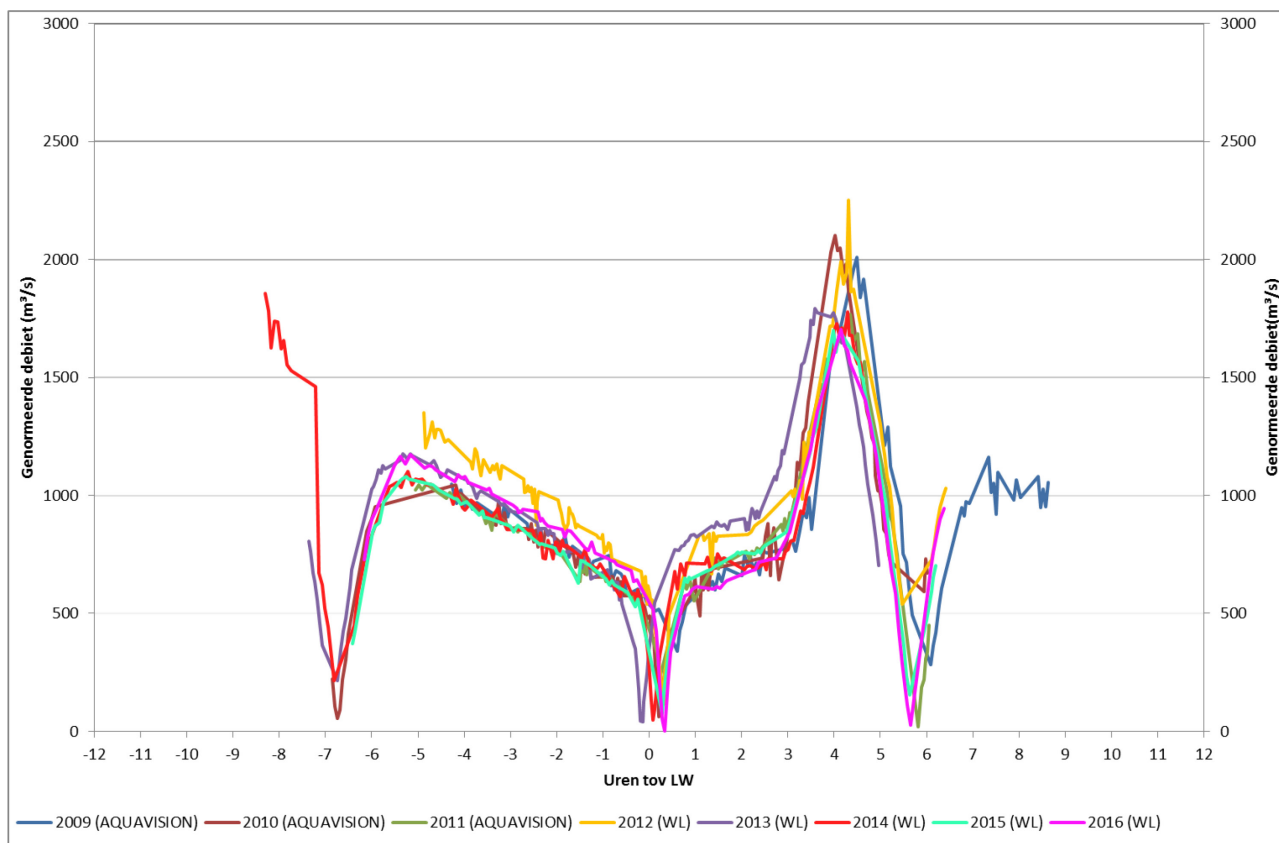
Figuur 31 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2016 te Kruibeke



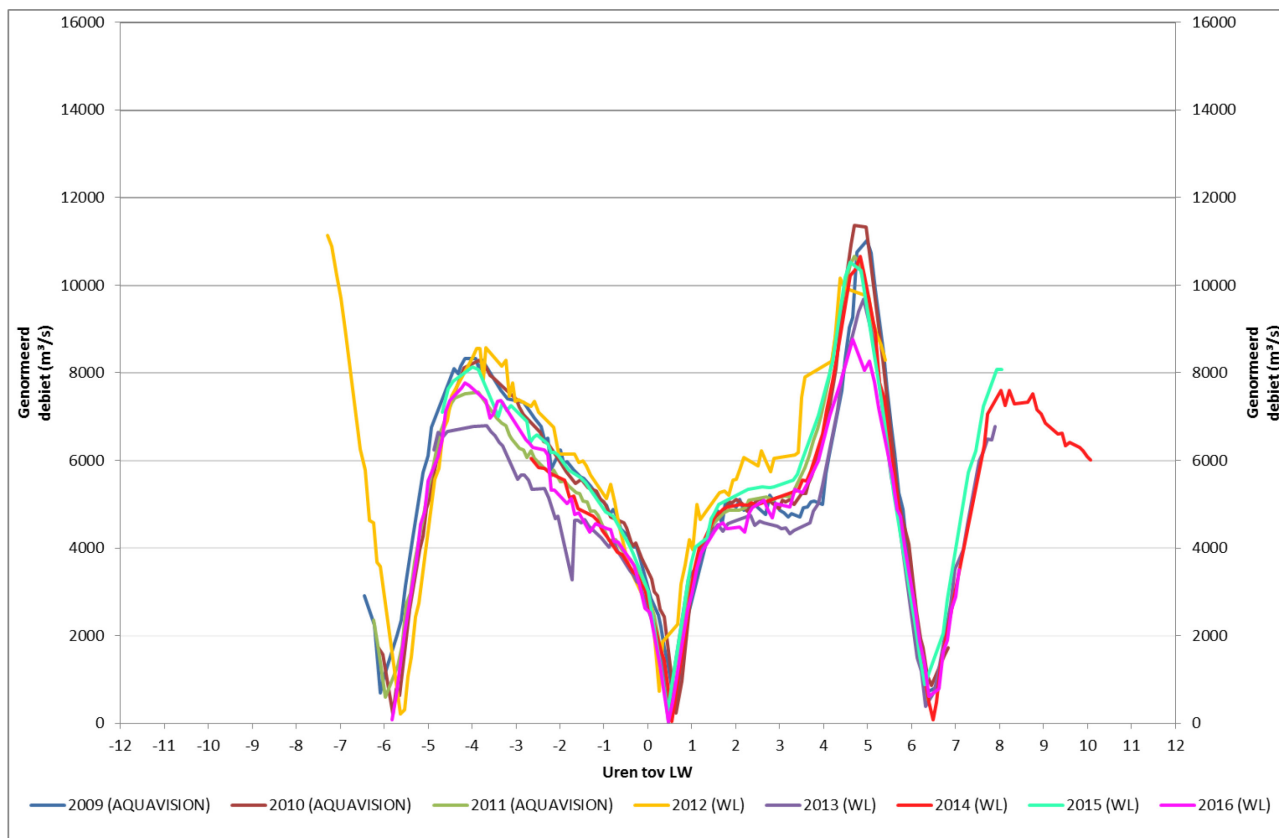
Figuur 32 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2016 te Oosterweel



Figuur 33 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2016 te Driegoten

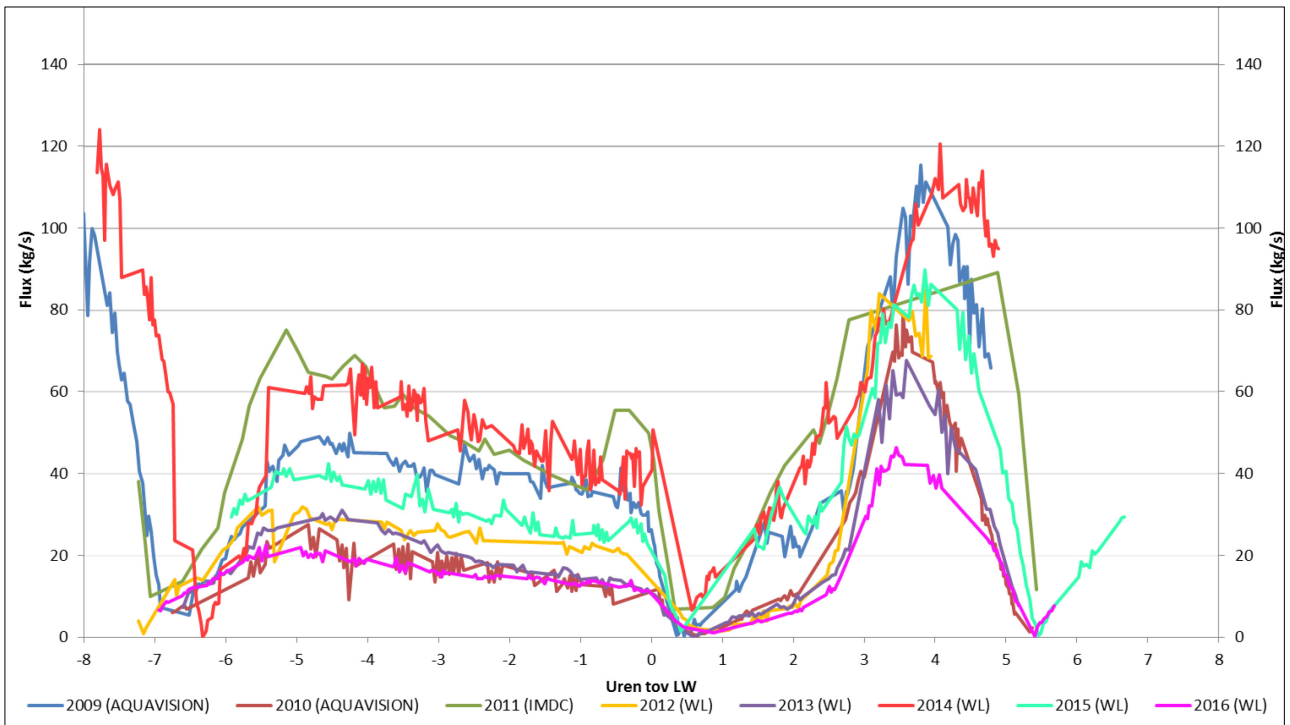


Figuur 34 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2016 te Liefkenshoek

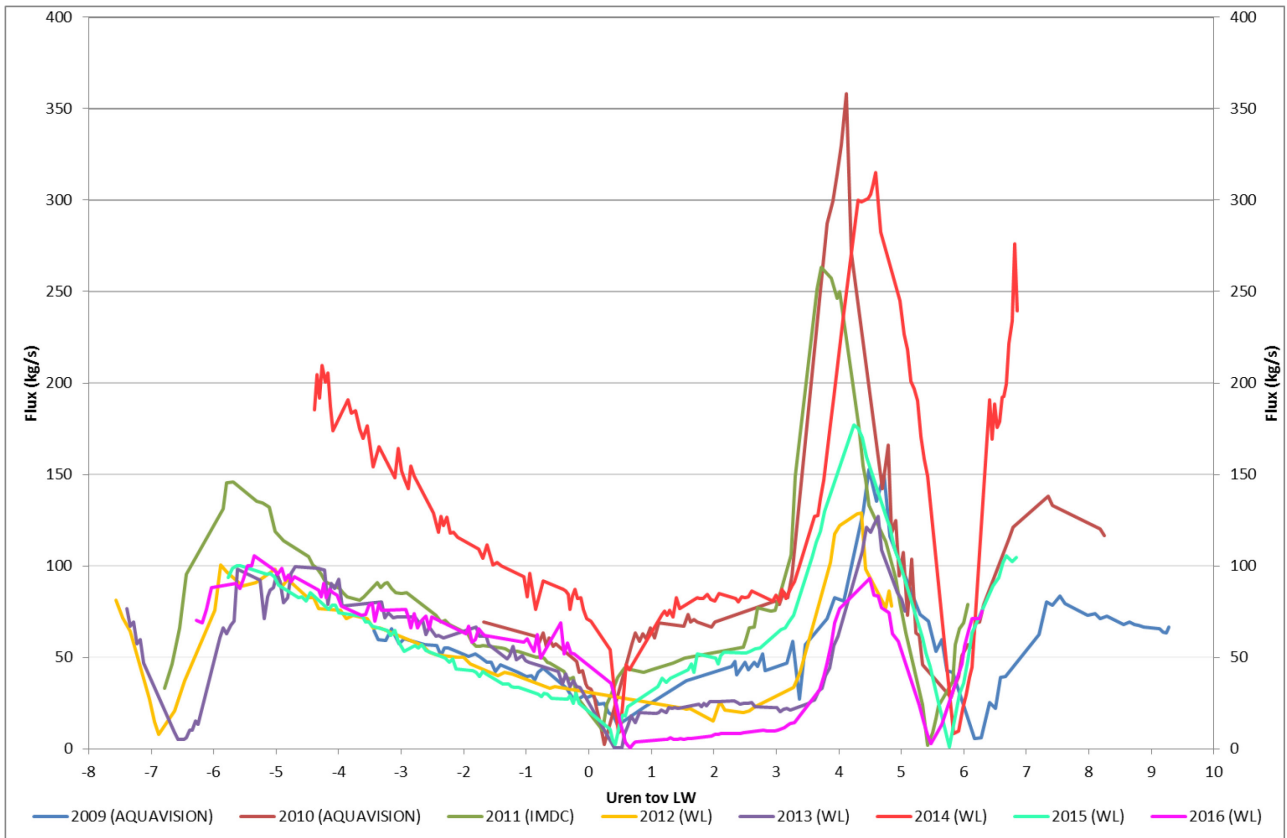


3.4.3 Vergelijking van de sediment fluxen tussen 2009 en 2016

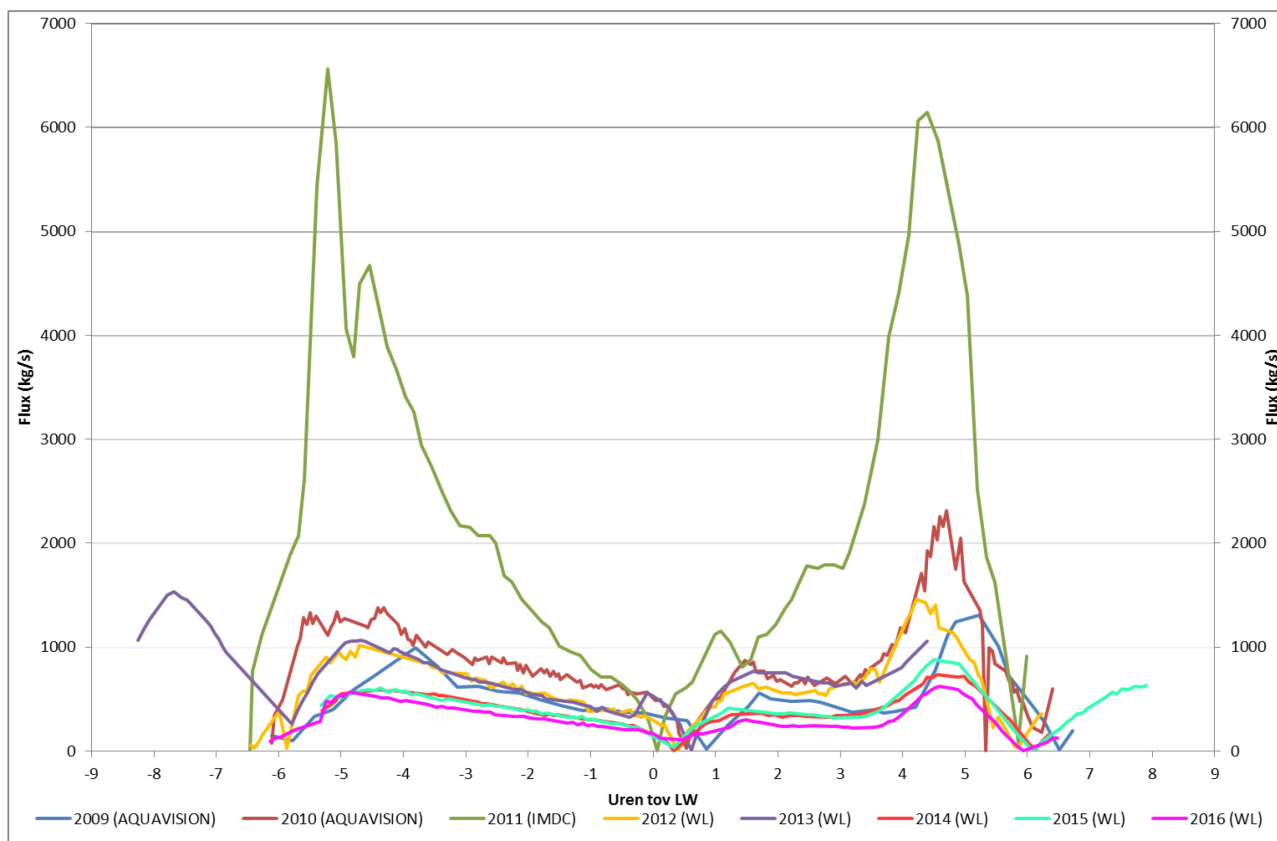
Figuur 35 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009 tot 2016 te Schoonaarde



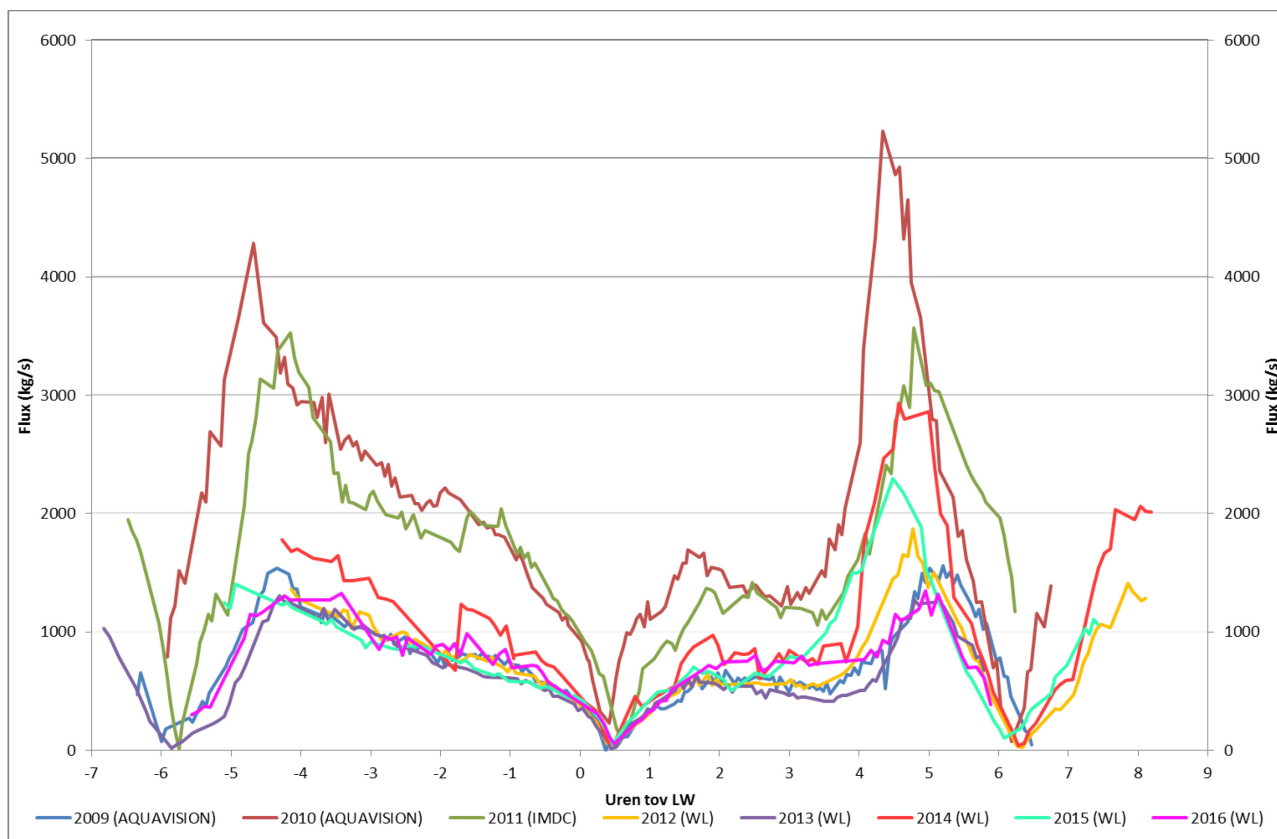
Figuur 36 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009 tot 2016 te Boom en Terhagen



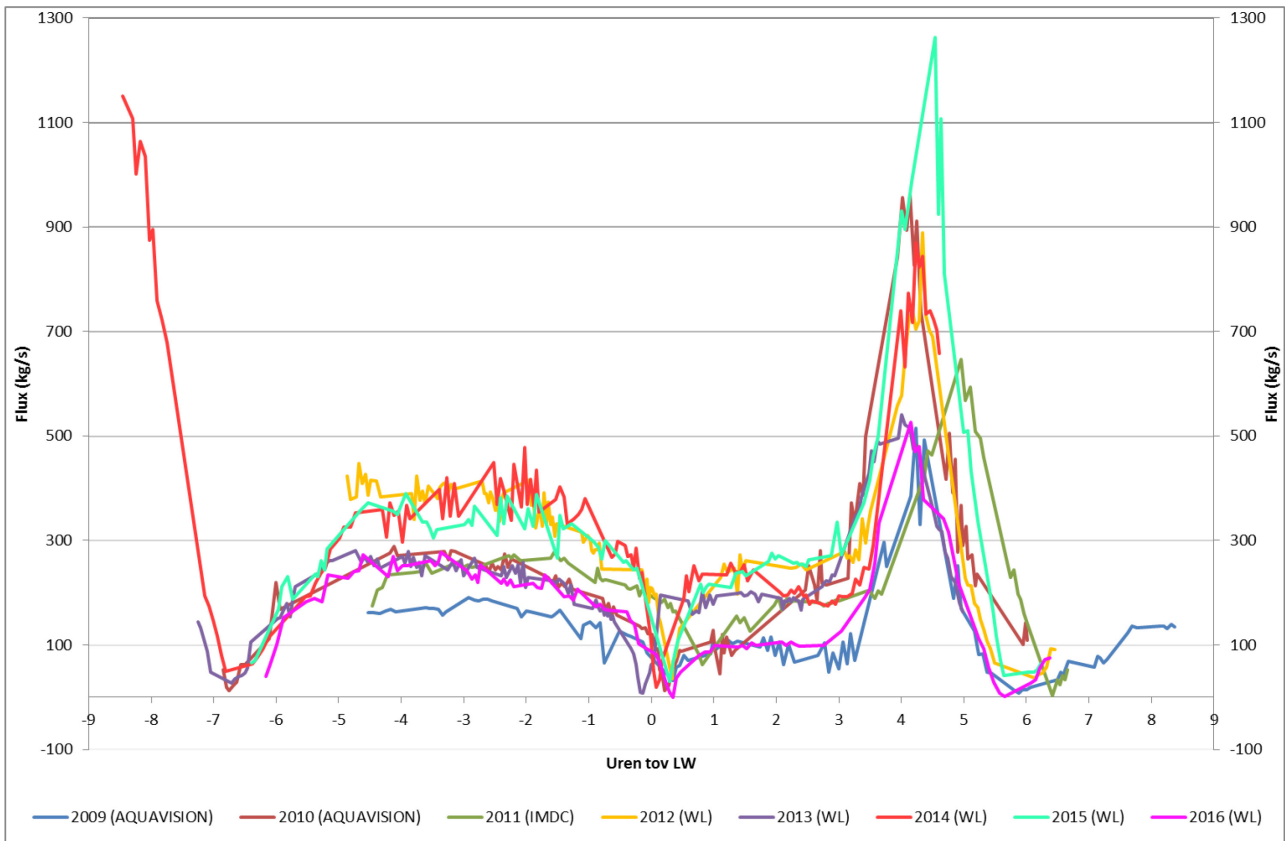
Figuur 37 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009 tot 2016 te Kruibeke



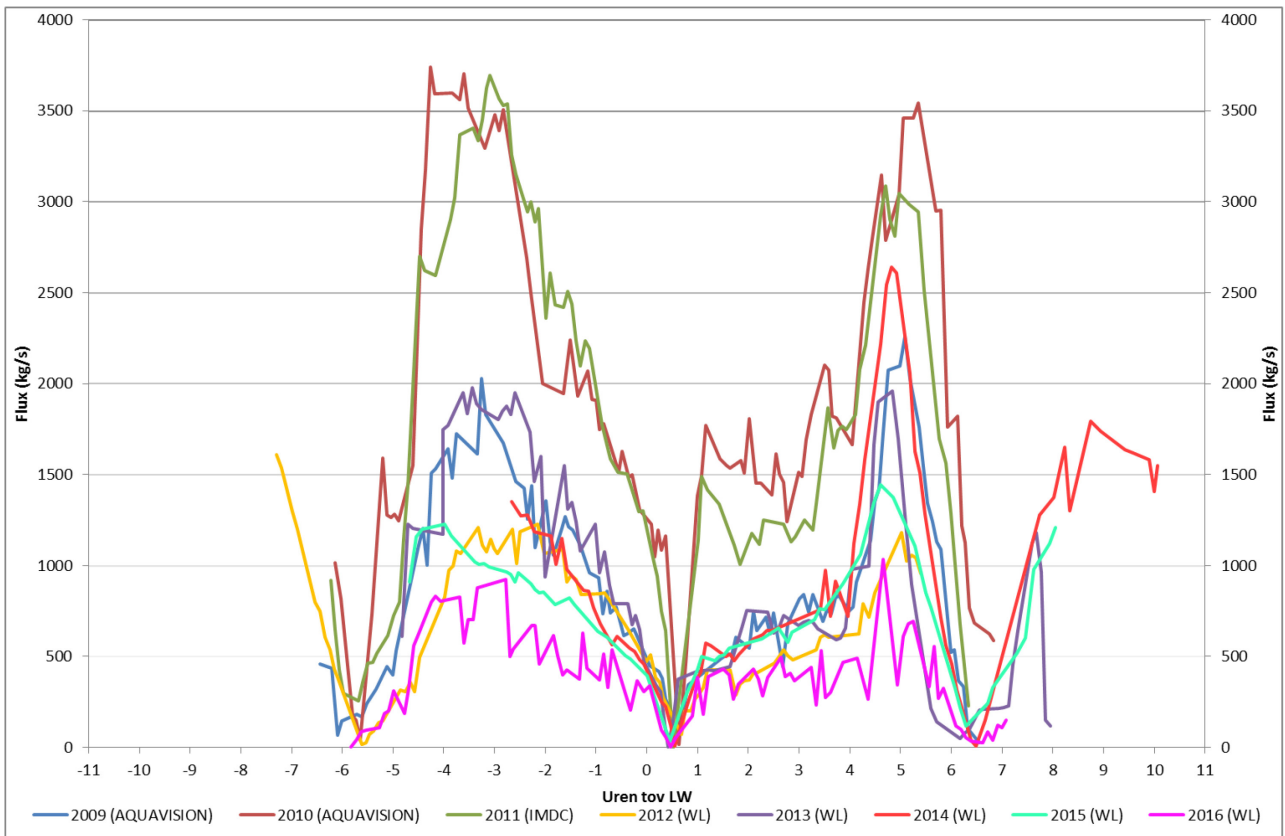
Figuur 38 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009 tot 2016 te Oosterweel



Figuur 39 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009 tot 2016 te Driegoten



Figuur 40 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009 tot 2016 te Liefkenshoek

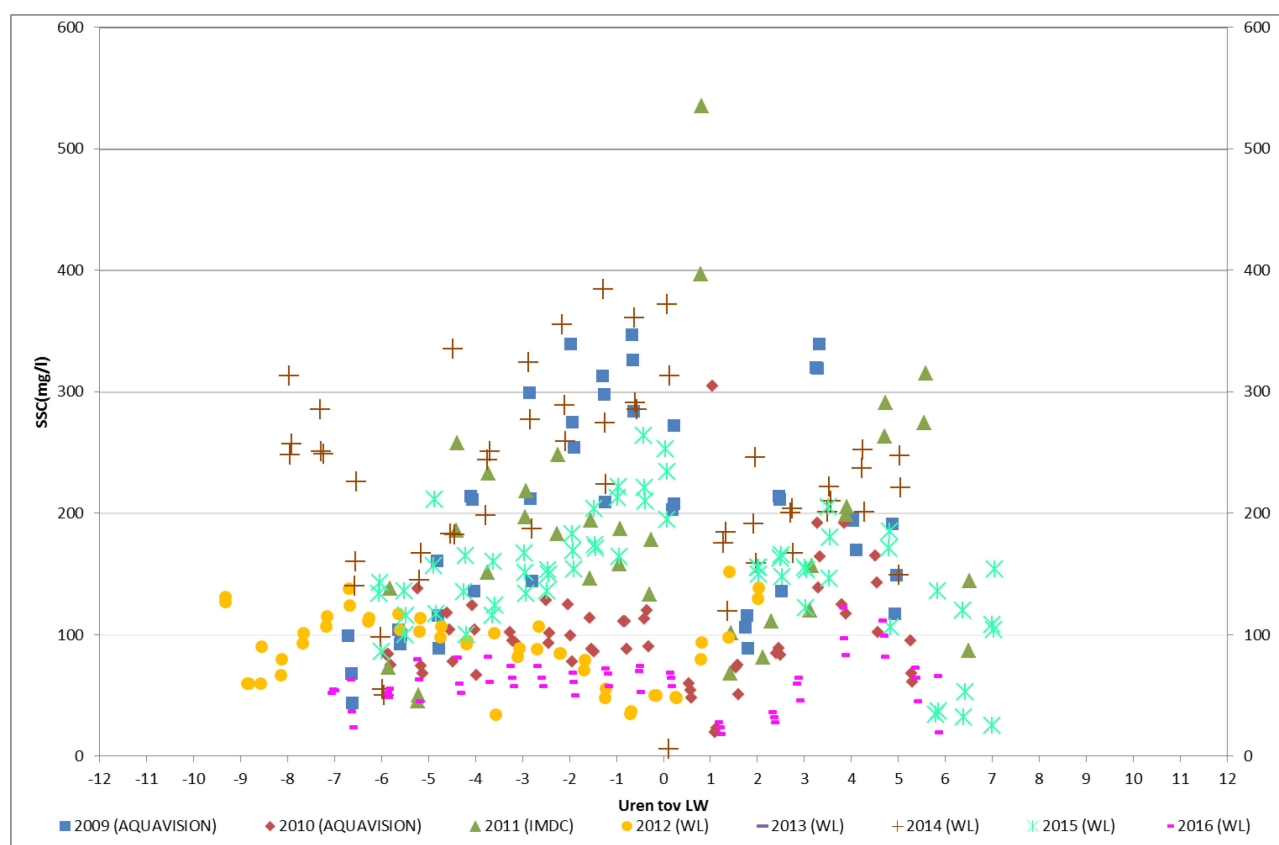


De sedimentfluxen van 2016 in Liefkenshoek zijn hierbij getoond als richtinggevend.

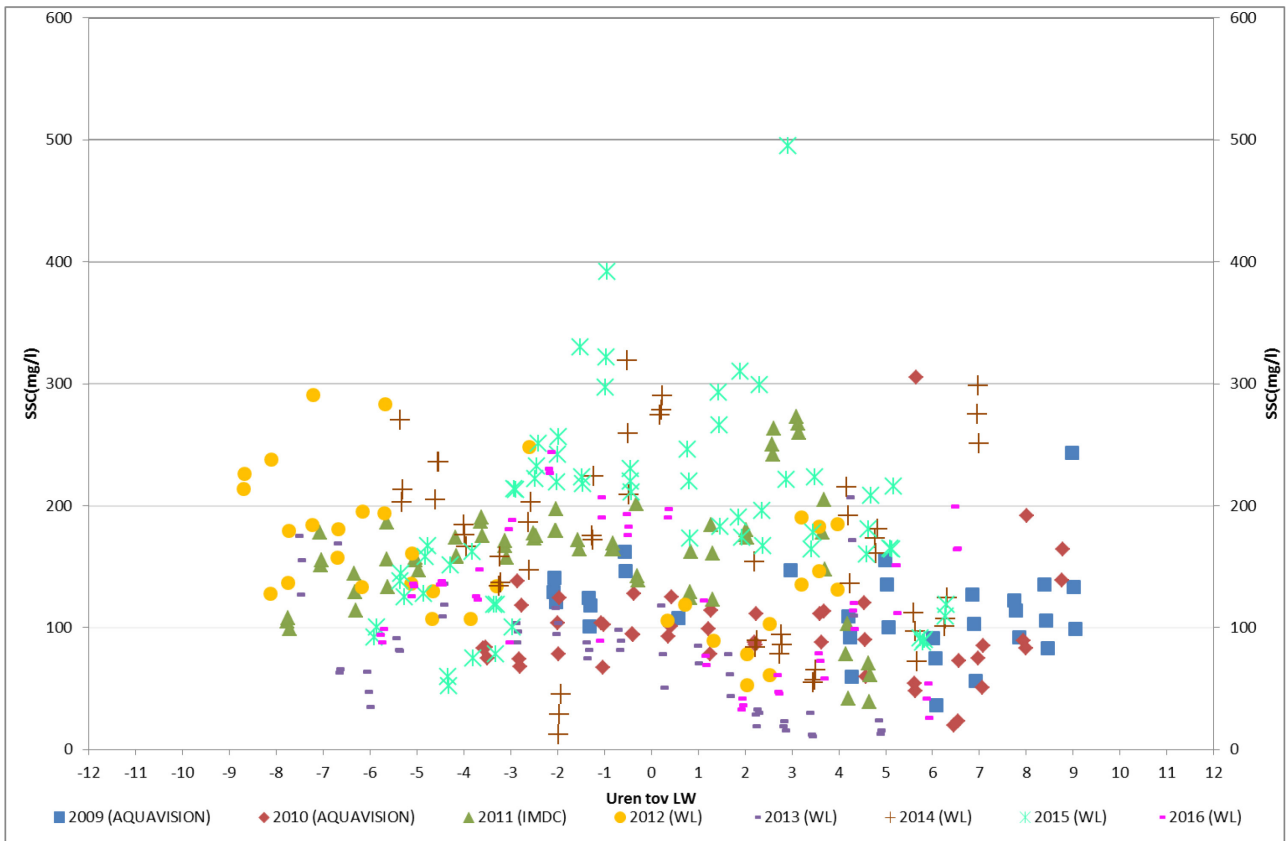
Er werden bij de data-analyse verschillende correcties geëvalueerd en toegepast, maar de opeenvolgende fluctuaties tijdens de metingen blijven te hoog. Bij de volgende meetcampagne in 2017 zal zowel de meetmethode als de dataverwerking verder geoptimaliseerd worden, opdat een zo eenduidig mogelijke sedimentflux kan begroot worden.

3.4.4 Vergelijking van de sediment concentraties tussen 2009 en 2016

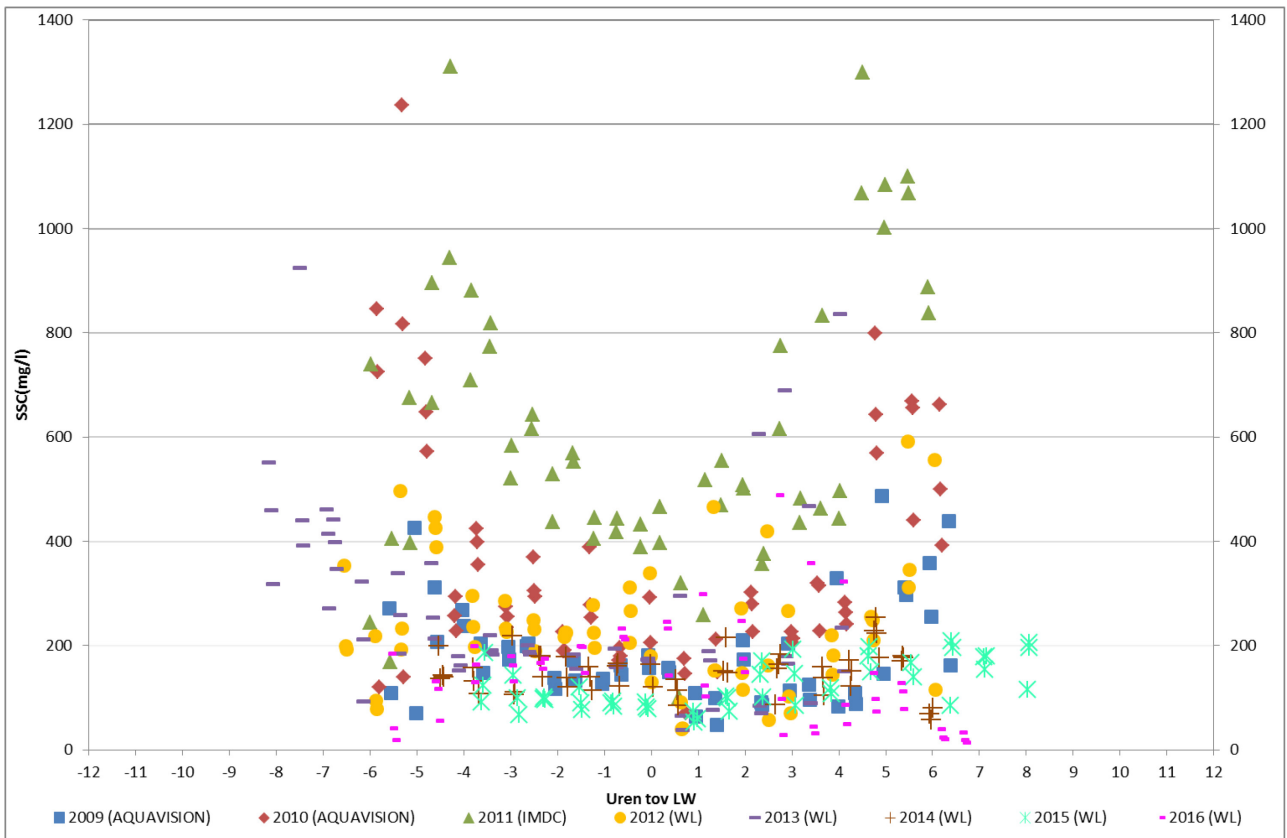
Figuur 41 – Vergelijking van de sediment concentraties van 2009 tot 2016 te Schoonaarde



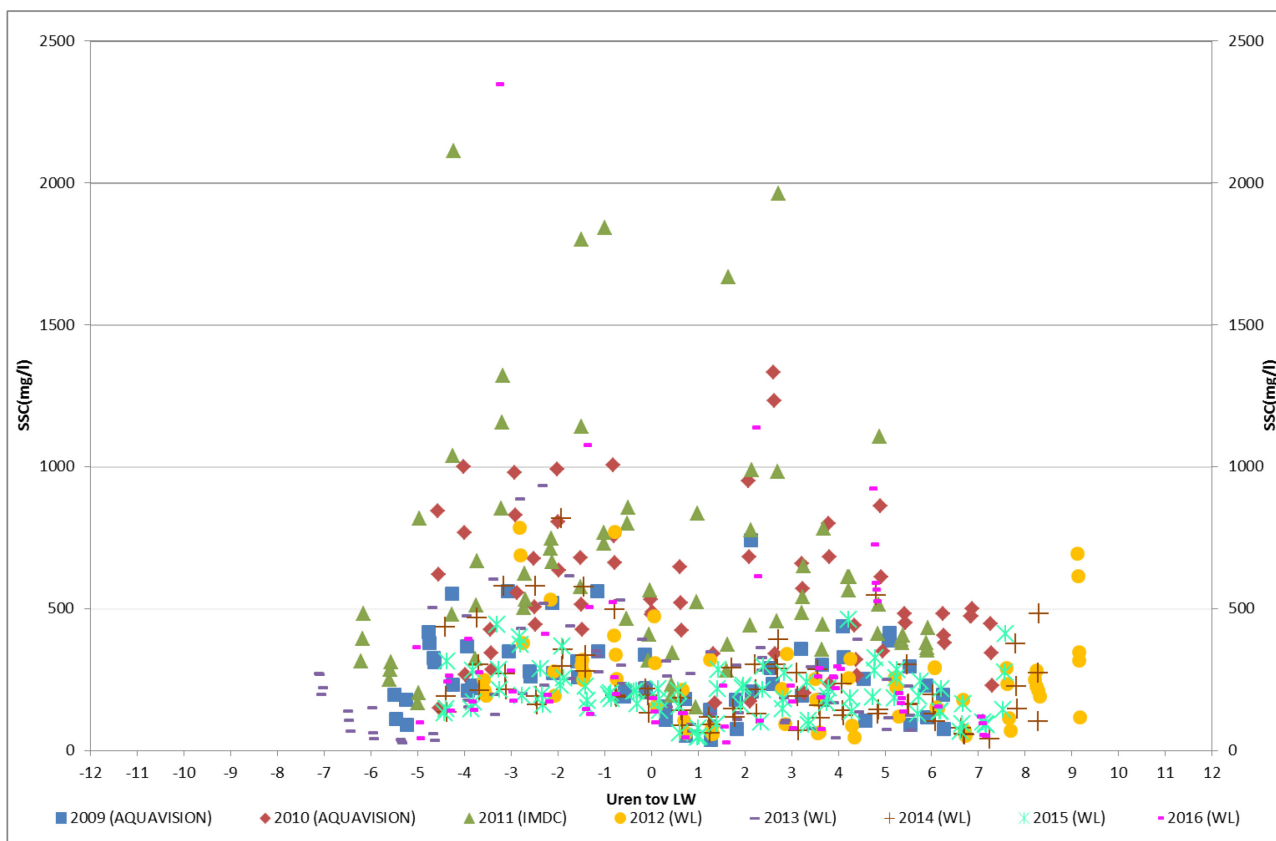
Figuur 42 – Vergelijking van de sediment concentraties van 2009 tot 2016 te Terhagen



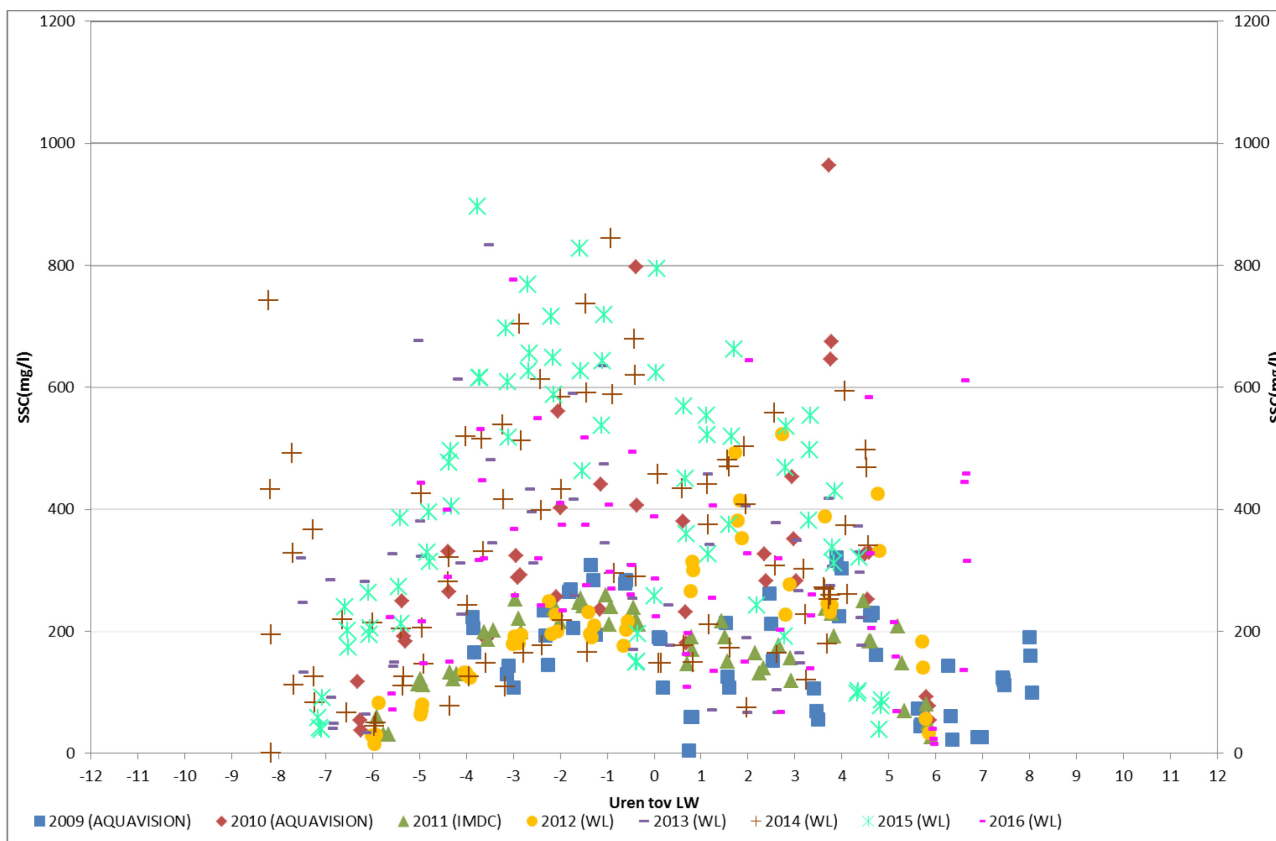
Figuur 43 – Vergelijking van de sediment concentraties van 2009 tot 2016 te Kruikebe



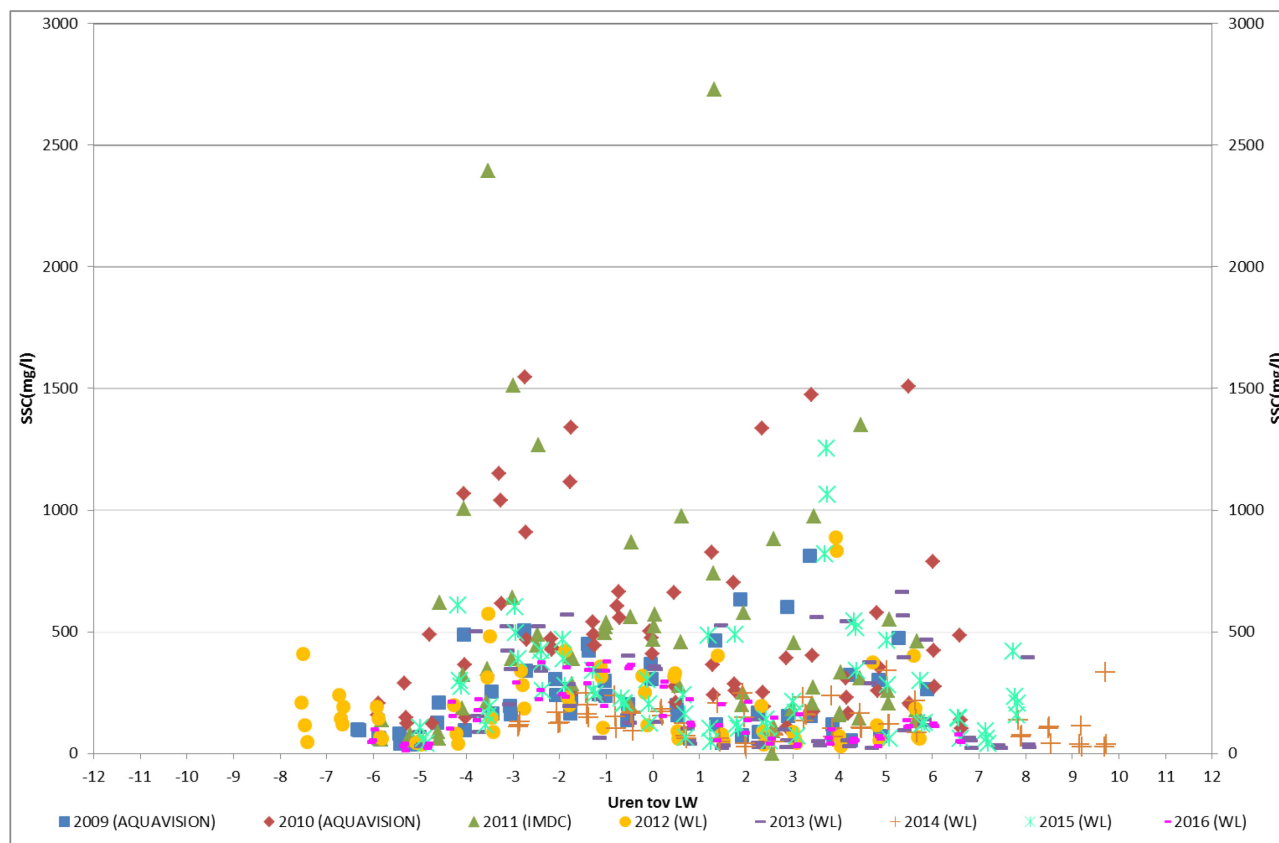
Figuur 44 – Vergelijking van de sediment concentraties van 2009 tot 2016 te Oosterweel



Figuur 45 – Vergelijking van de sediment concentraties van 2009 tot 2016 te Driegoten



Figuur 46 – Vergelijking van de sediment concentraties van 2009 tot 2016 te Liefkenshoek



Lage of relatief lage fluxen worden overal waargenomen behalve in Driegoten.

3.4.5 Vergelijking van de SSC kalibratie parameters tussen 2009 en 2016

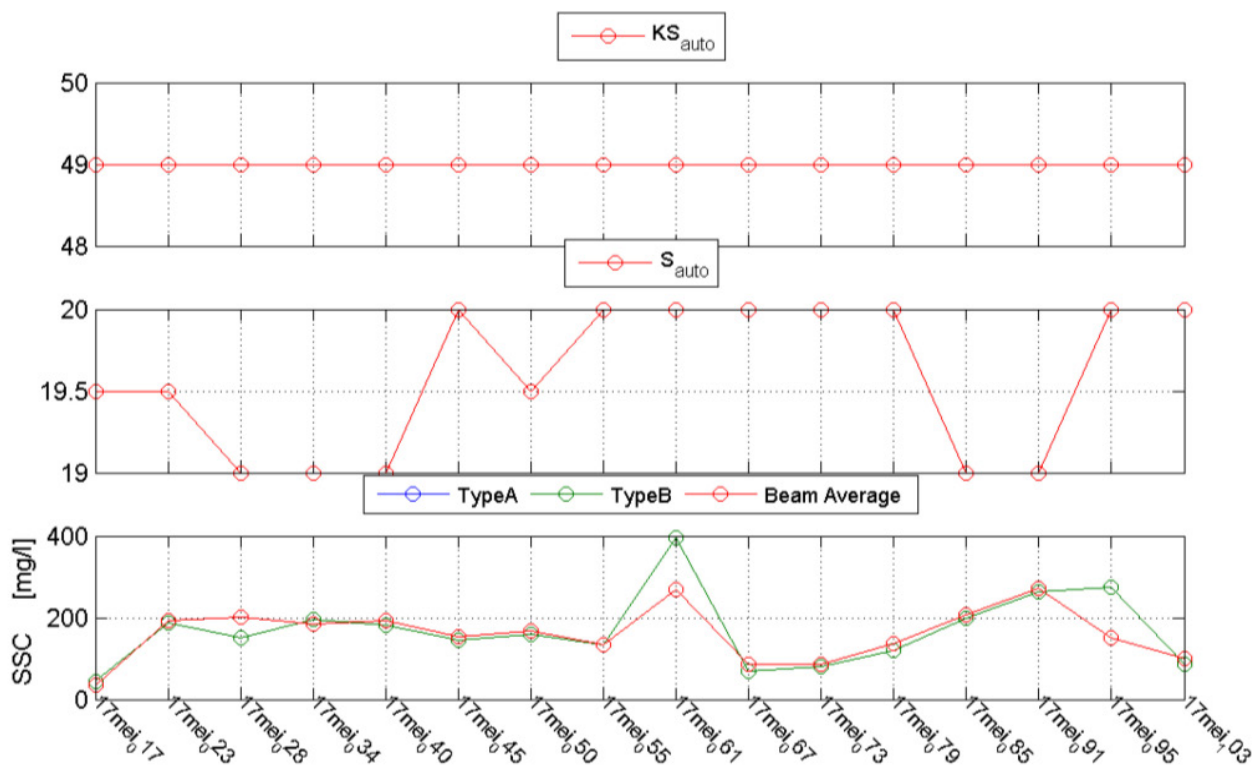
Schoonaarde 15/06/2016

Tabel 12 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Schoonaarde

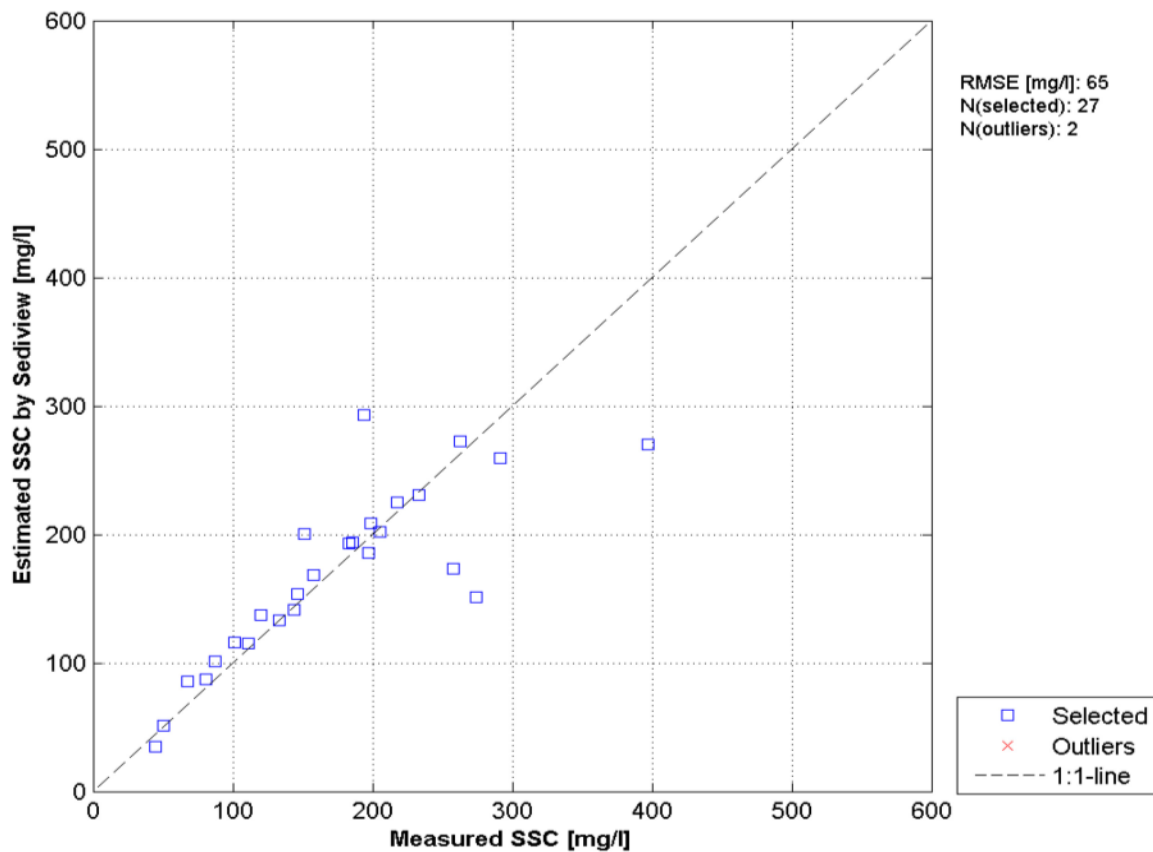
Jaren	Helling	Intercept	R ² (%)
2009	0,039	3,3	67
2010	0,048	3,779	87
2011	Niet lineaire	Niet lineaire	?
2012	0,0453	3,2909	77
2013	0,0386	3,3694	83
2014	0,04550	3,95630	80
2015	0,03	3,2853	53
2016	0,0361	3,2046	78

De kalibratie coëfficiënten van 2011 werden niet lineair geschat. Onderstaande figuur vat de parameters van die relatie samen.

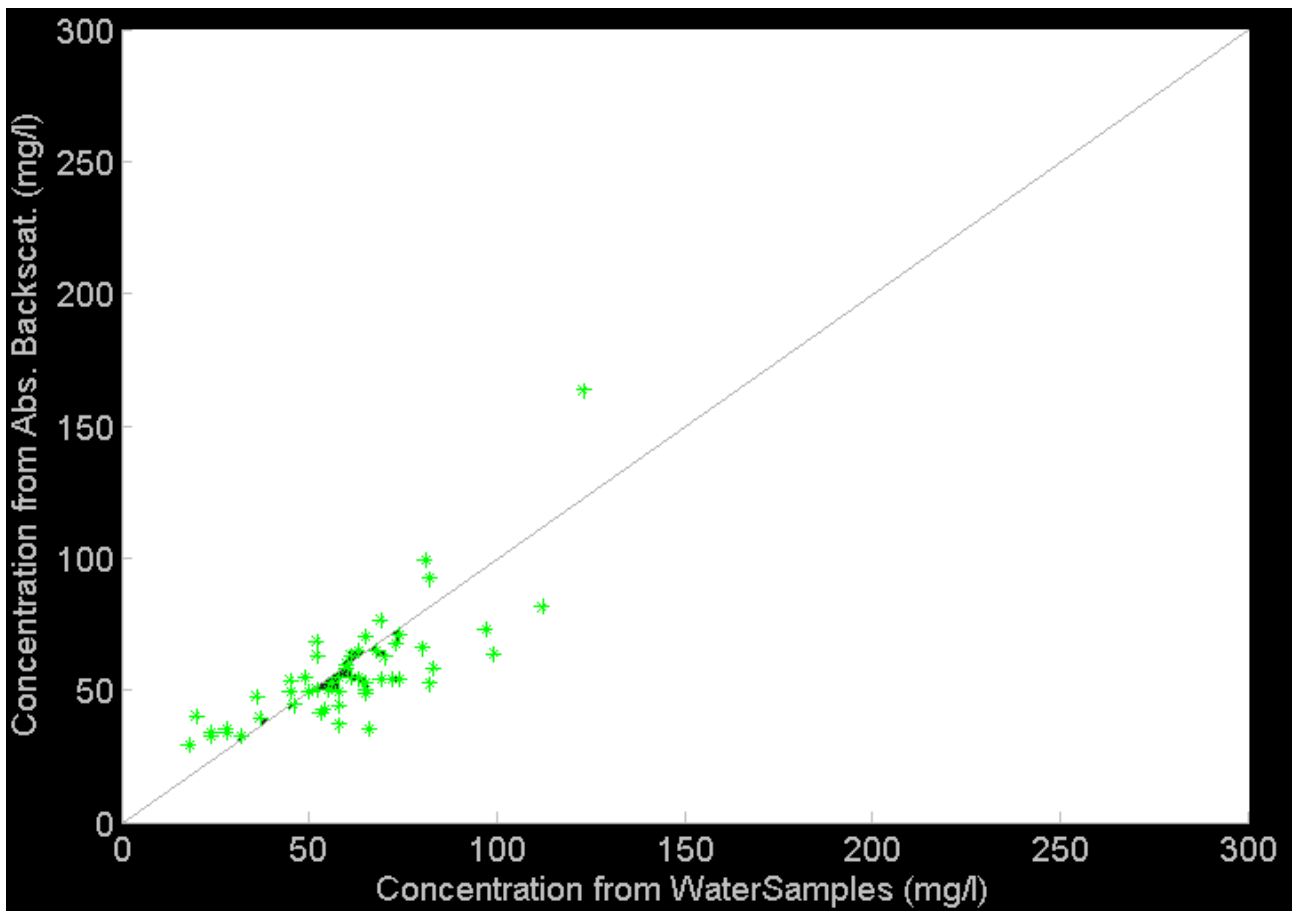
Figuur 47 – Parameters van de niet lineaire regressie tussen waterstalen SSC en ADCP ABS te Schoonaarde in 2011



Figuur 48 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC te Schoonaarde in 2011



Figuur 49 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC te Schoonaarde 2016



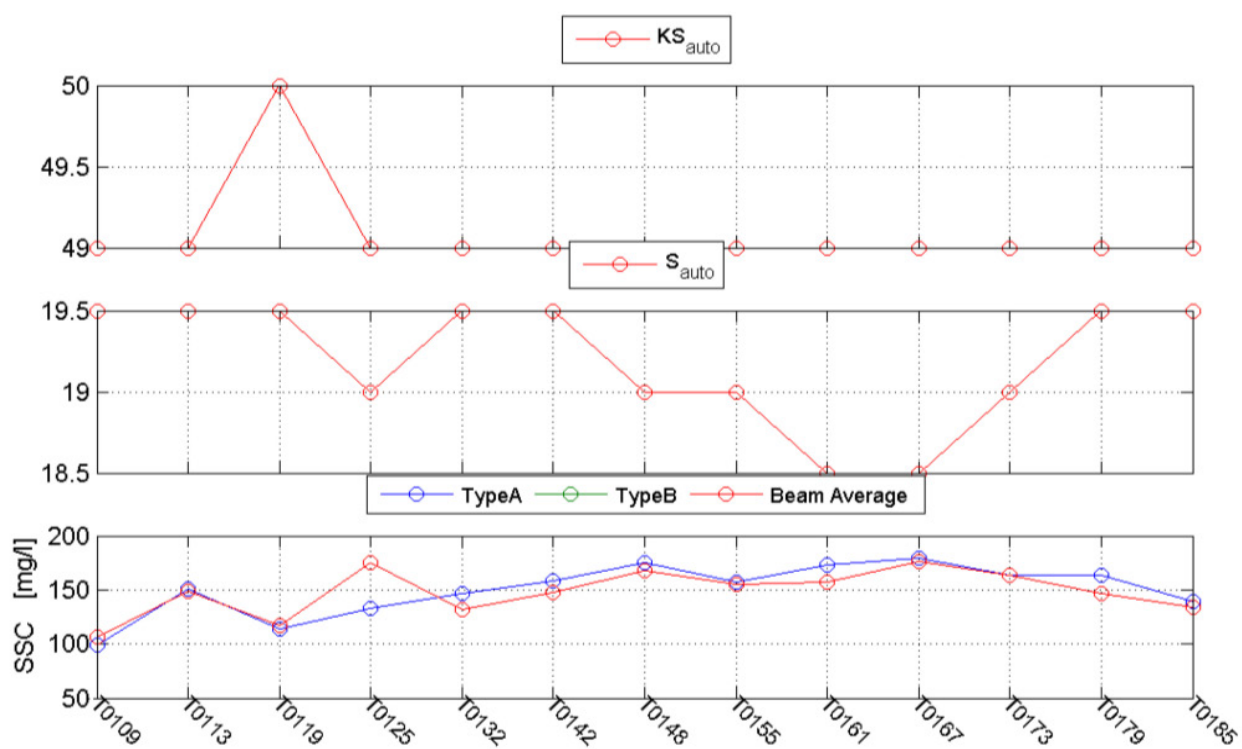
Terhagen 17/06/2016

Tabel 13 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Terhagen

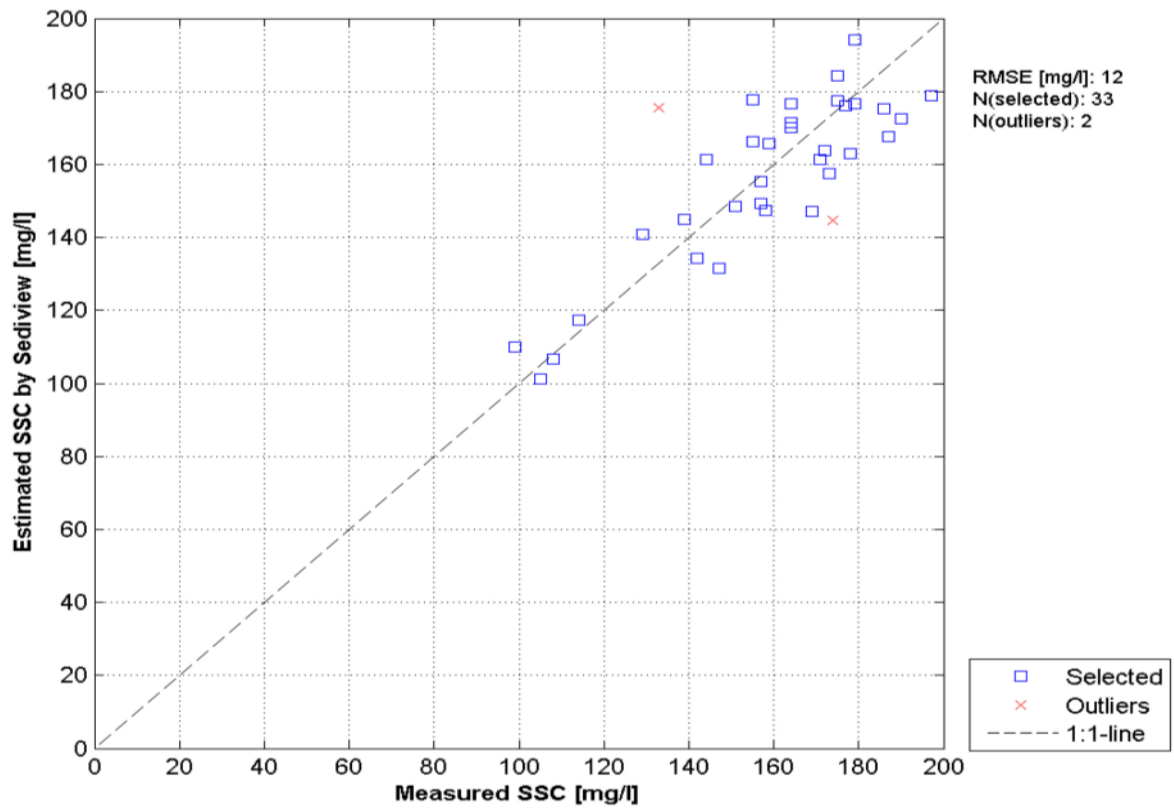
Jaren	Helling	Intercept	R ² (%)
2009	0,022	2,669	69
2010	0,0488	4,0251	71
2011	Niet lineaire	Niet lineaire	?
2012	0,0267	2,84	60
2013	0,0739	4,6351	81
2014	0,05160	4,06920	80
2015	0,0214	3,0604	25
2016	0,0435	3,7105	77

De kalibratie coëfficiënten van 2011 werden niet lineair geschat. Onderstaande figuur vat de parameters van die relatie samen.

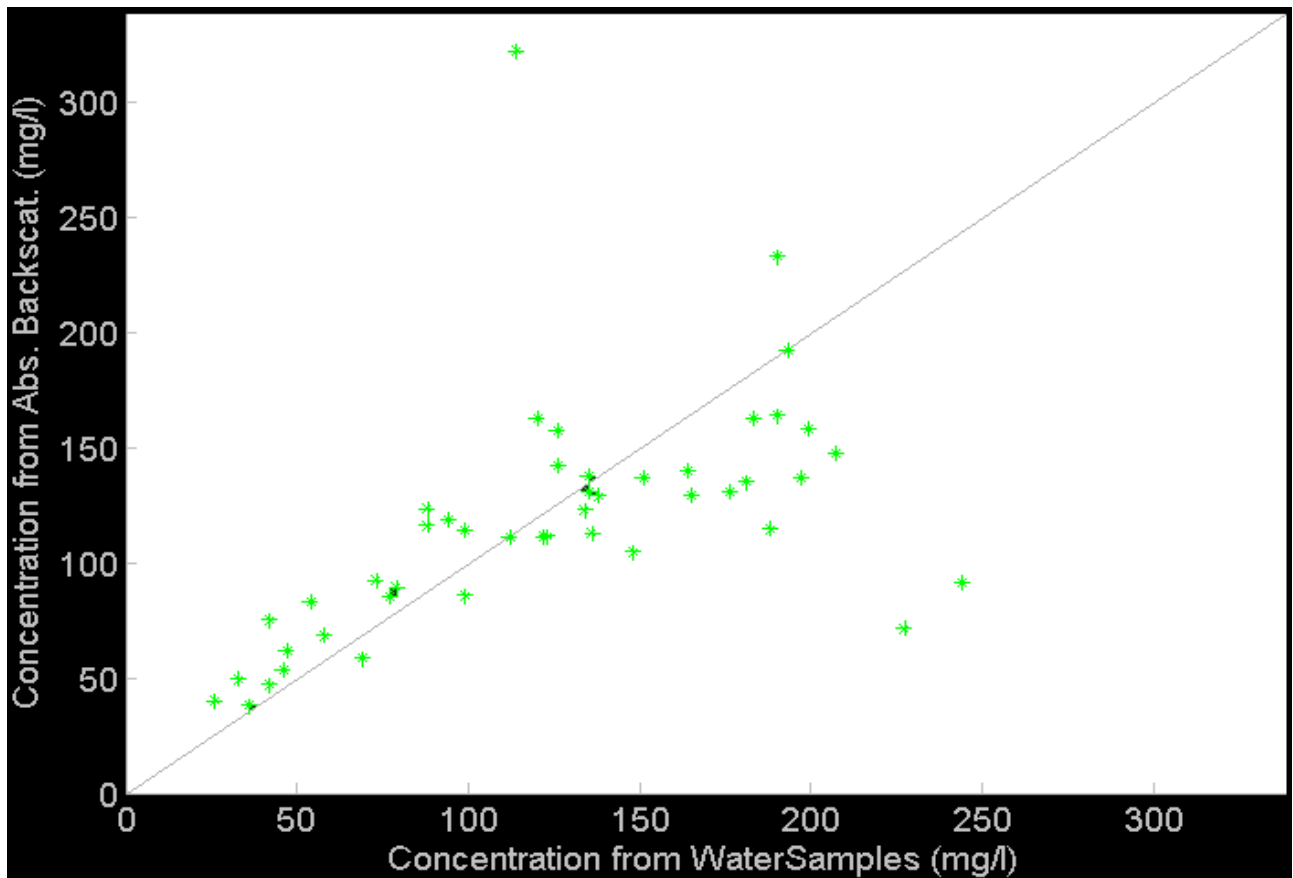
Figuur 50 – Parameters van de niet lineaire regressie tussen waterstalen SSC en ADCP ABS te Terhagen in 2011



Figuur 51 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC te Terhagen in 2011



Figuur 52 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC in Terhagen te 2016



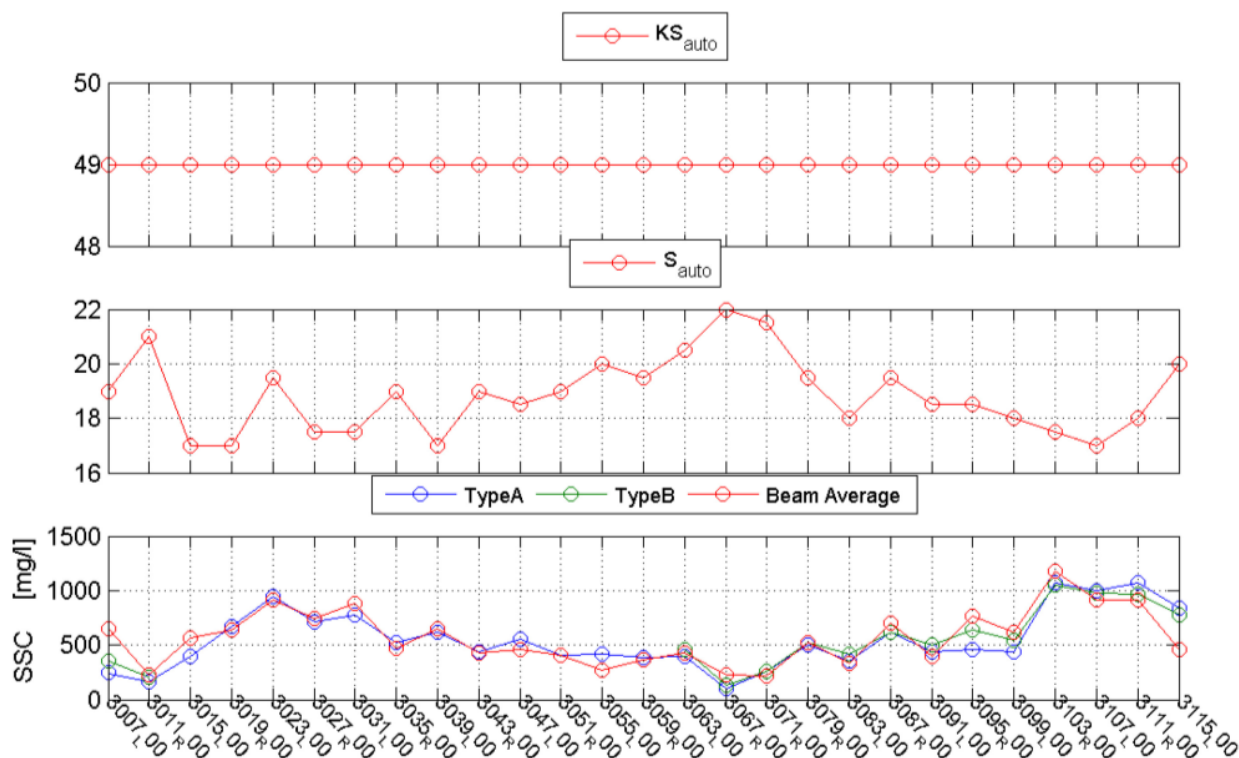
Kruibeke 18/06/2016

Tabel 14 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Kruibeke

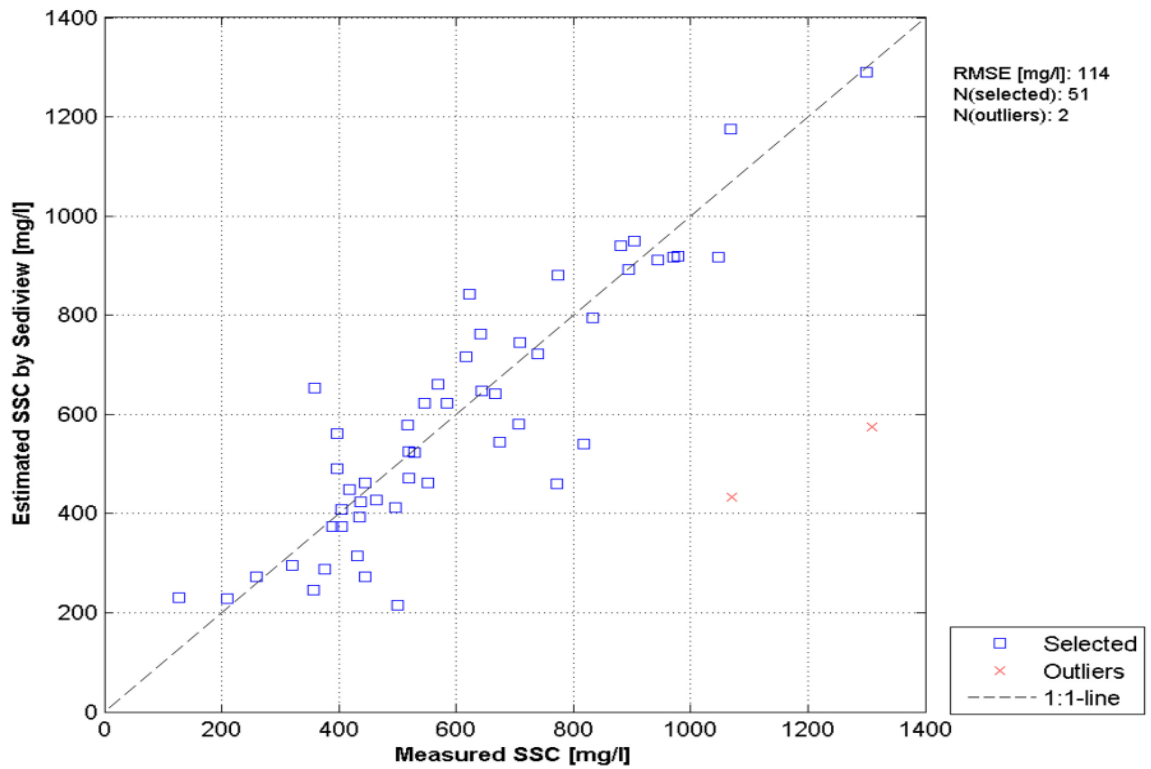
Jaren	Helling	Intercept	R ² (%)
2009	0,061	5,09	79
2010	0,0561	5,2597	61
2011	Niet lineaire	Niet lineaire	?
2012	0,0459	4,0833	63
2013	0,0052	2,6049	27
2014	0,02490	3,10600	69
2015	0,0244	3,0123	58
2016	0,0546	4,0917	78

De kalibratie coëfficiënten van 2011 werden niet lineair geschat. Onderstaande figuur vat de parameters van die relatie samen.

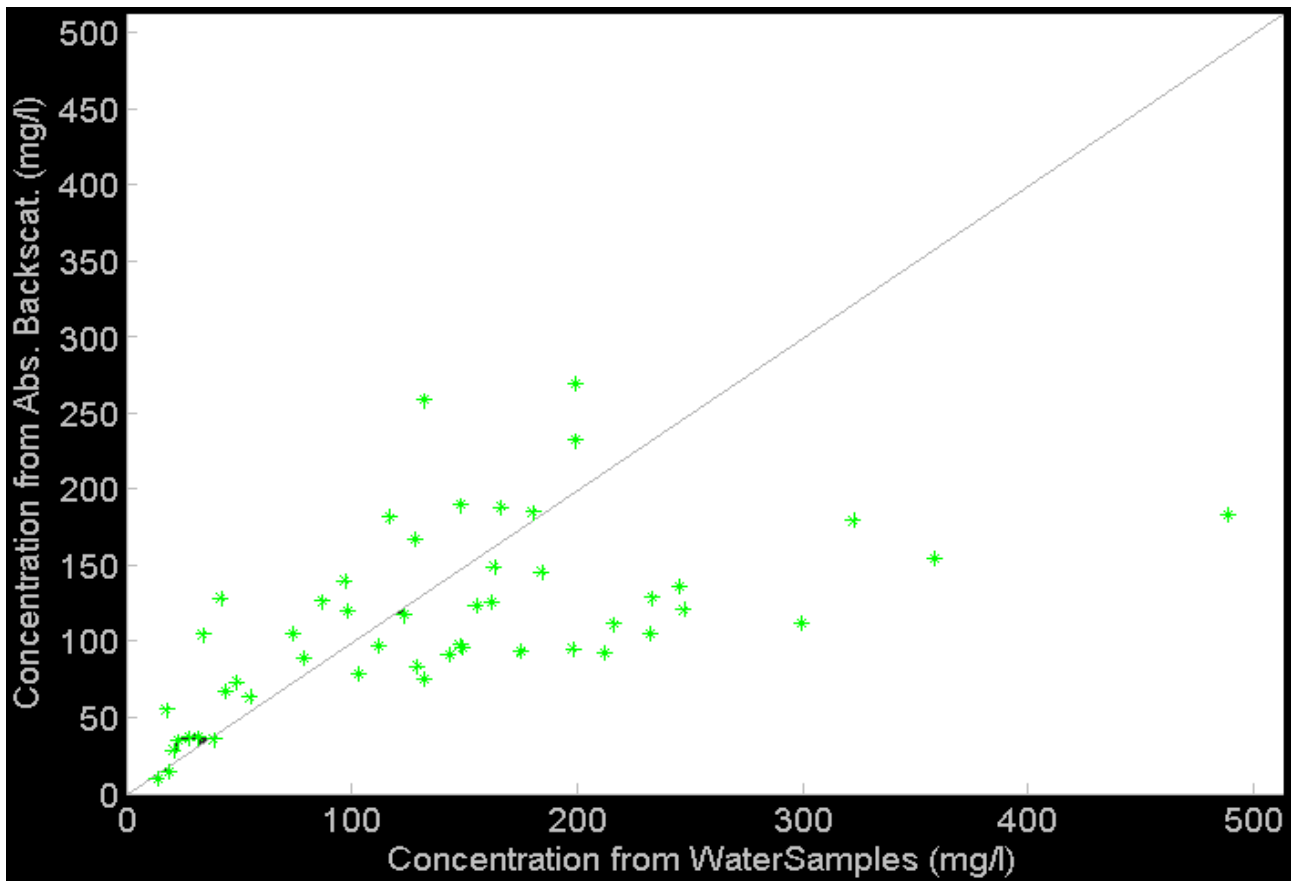
Figuur 53 – Parameters van de niet lineaire regressie tussen waterstalen SSC en ADCP ABS te Kruibeke in 2011



Figuur 54 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC in Kruikebe te in 2011



Figuur 55 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC in Kruikebe te 2016



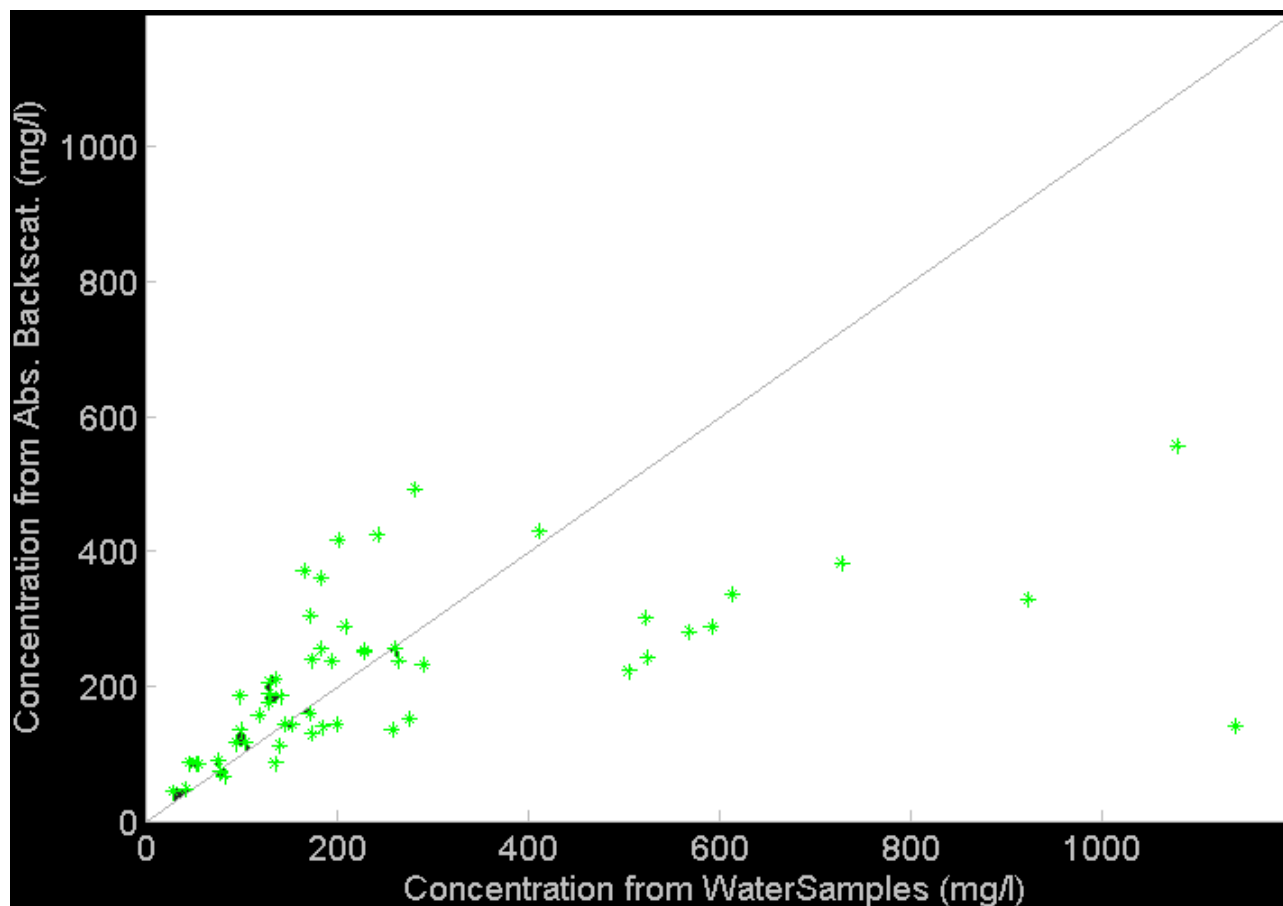
Oosterweel 06/05/2016

Tabel 15 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Oosterweel

Jaren	Helling	Intercept	R ² (%)
2009	0,042	4,326	67
2010	0,0681	5,9608	77
2011	0,068*	5,96*	96*
2012	0,0509	3,5692	84
2013	0,0552	4,4736	80
2014	0,04490	3,95170	84
2015	0,0364	3,9651	71
2016	0,0496	4,2212	73

*Die waarden werden echter door AQUAVISION gekalibreerd tussen bemonsterde SSC en OBS turbiditeit.

Figuur 56 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC in Oosterweel te 2016

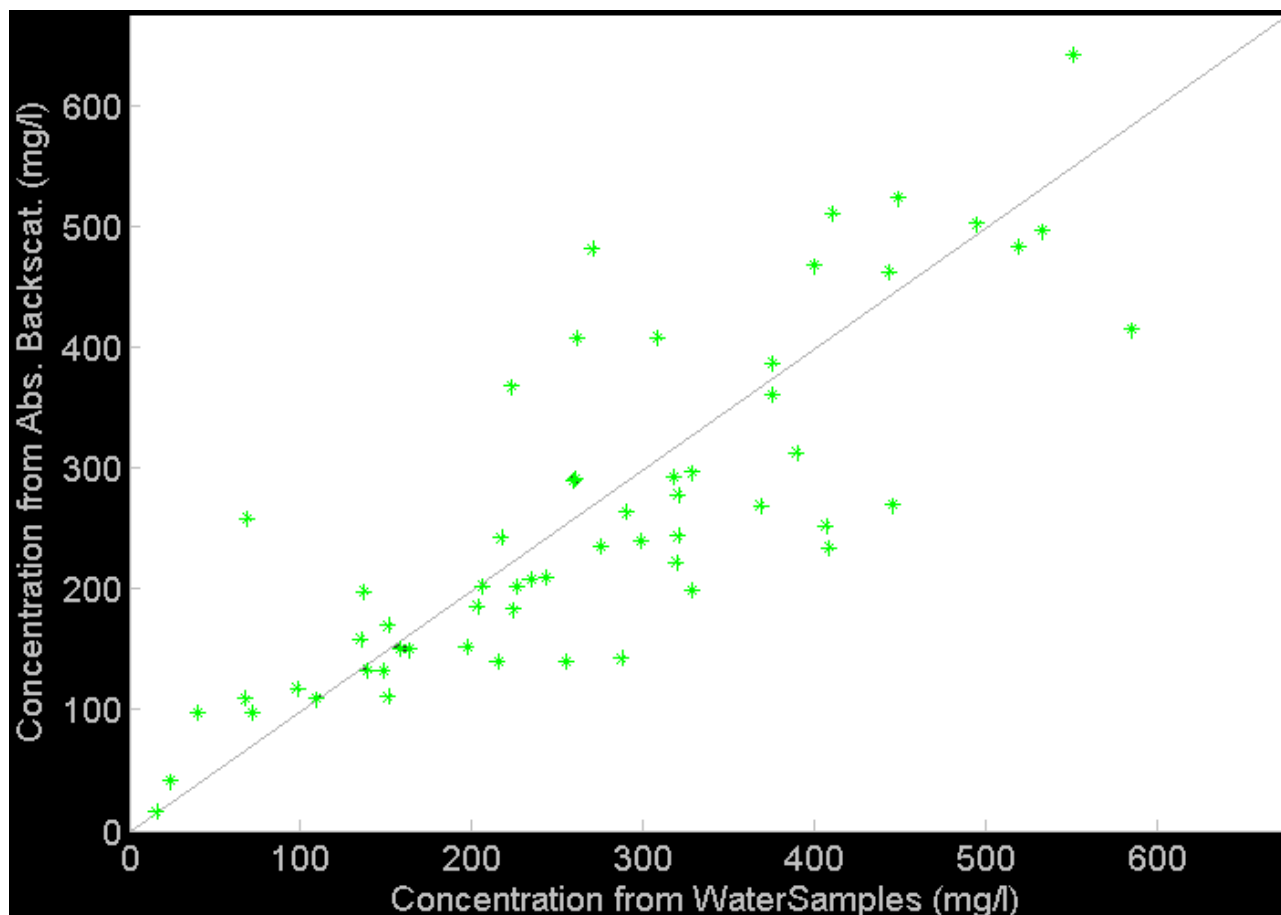


Driegoten 04/06/2016

Tabel 16 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Driegoten

Jaren	Helling	Intercept	R ² (%)
2009	0,054	3,705	86
2010	0,0529	4,2929	84
2011	0,0624	4,59	80
2012	0,0336	3,3893	62
2013	0,0523	4,2039	89
2014	0,04580	3,50500	81
2015	0,0571	4,5337	78
2016	0,0612	4,5249	87

Figuur 57 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC in Driegoten te 2016



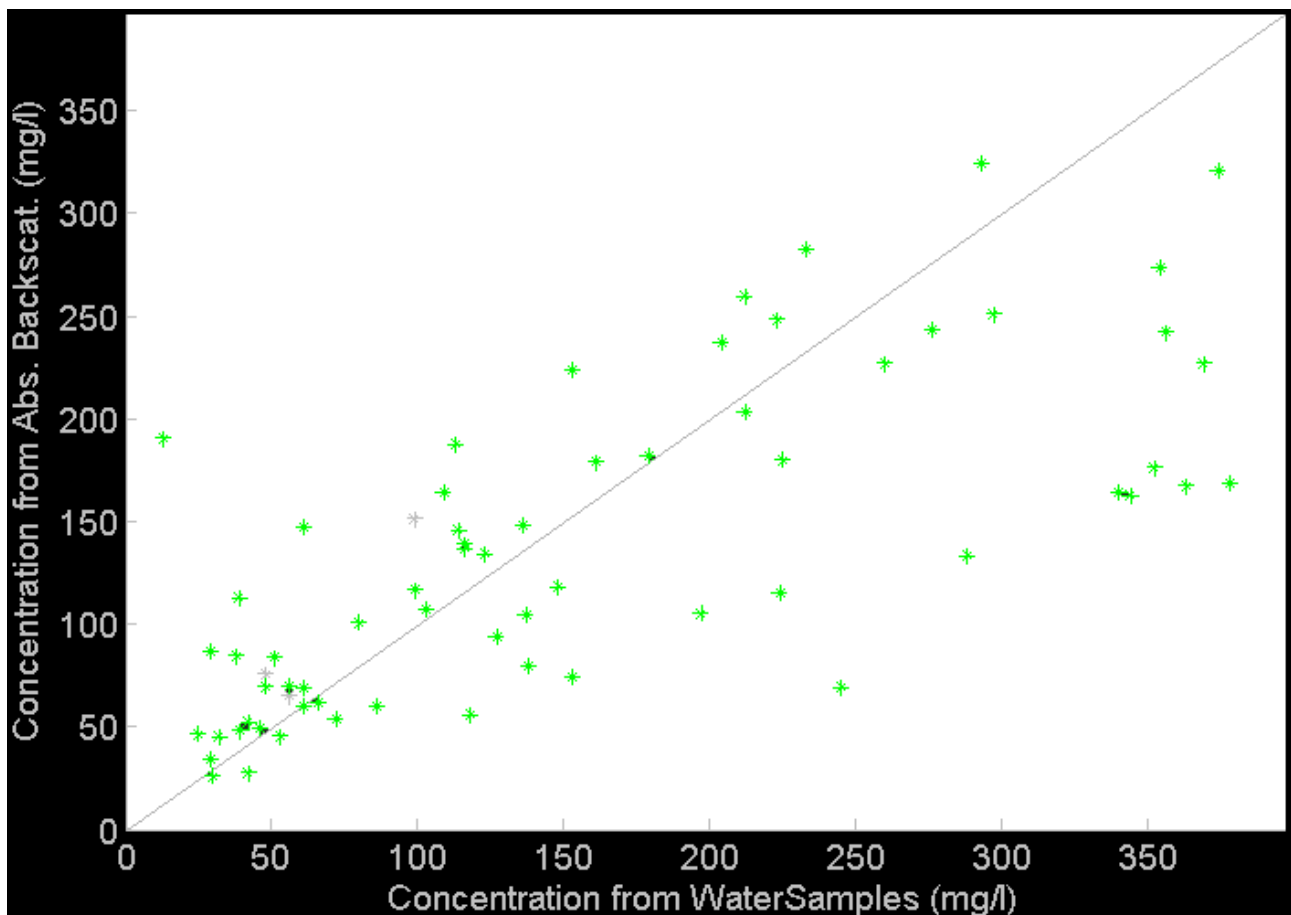
Liefkenshoek 07/05/2016

Tabel 17 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Liefkenshoek

Jaren	Helling	Intercept	R ² (%)
2009	0,059	5,119	78
2010	0,0867	6,78	71
2011	0,0746	6,183	76
2011*	2,95	-88	96
2012	0,063	4,6673	89
2013	0,0607	4,6799	91
2014	0,06100	4,51500	82
2015	0,07230	5,75210	85
2016	0,0678	4,8164	73

*Parameters van de lineaire regressie gelegd tussen bemonsterde SSC en OBS turbiditeit door AQUAVISION

Figuur 58 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC in Liefkenshoek te 2016



4 Referentielijst

- Deines, K. L. (1999). Backscatter estimation using Broadband acoustic Doppler current profilers. In *Proceedings of the IEEE Sixth Working Conference on Current Measurement (Cat. No.99CH36331)* (pp. 249–253). Ieee. doi:10.1109/CCM.1999.755249
- Fettweis, M., Francken, F., Pison, V., & Van den Eynde, D. (2006). Suspended particulate matter dynamics and aggregate sizes in a high turbidity area. *Marine Geology*, 235(1-4), 63–74. doi:10.1016/j.margeo.2006.10.005
- Gartner, J. W. (U. S. G. S. W. R. D. (2002). *ESTIMATION OF SUSPENDED SOLIDS CONCENTRATIONS BASED ON ACOUSTIC BACKSCATTER INTENSITY : THEORETICAL BACKGROUND*. Reno, Nevada.
- Kim, Y. H., & Voulgaris, G. (2003). ESTIMATION OF SUSPENDED SEDIMENT CONCENTRATION IN ESTUARINE ENVIRONMENTS USING ACOUSTIC BACKSCATTER FROM AN ADCP.
- Landers, M. N. (2010). REVIEW OF METHODS TO ESTIMATE FLUVIAL SUSPENDED SEDIMENT CHARACTERISTICS FROM ACOUSTIC SURROGATE METRICS. In *2ND Joint Federal Interagency Conference*. Las Vegas. Retrieved from http://acwi.gov/sos/pubs/2ndJFIC/Contents/2C_Landers_030910_paper.pdf
- Levy, Y.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2014a). *MONEOS 13 uursmeting te Kruikeke 08/06/2012, Bijlage bij het MONEOS volle getijden factual data rapport van 2012*. Antwerp.
- Levy, Y.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2014b). *MONEOS 13 uursmeting te Liefkenshoek 07/08/2012, Bijlage bij het MONEOS volle getijden factual data rapport van 2012*. Antwerp.
- Levy, Y.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2014c). *MONEOS 13 uursmeting te Oosterweel 05/07/2012, Bijlage bij het MONEOS volle tij metingen factual data rapport van 2012*. Antwerp.
- Levy, Y.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2014d). *MONEOS 13 uursmeting te Schoonaarde 10/04/2012, Bijlage bij het MONEOS volle getijden factual data rapport van 2012*. Antwerp.
- Levy, Y.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2014e). *MONEOS 13 uursmeting te Terhagen 11/04/2012, Bijlage bij het MONEOS volle getijden factual data rapport van 2012*. Antwerp.
- Levy, Y. (Flanders H. R., Vereecken, H. (Flanders H. R., Deschamps, M. (Flanders H. R., Verwaest, T. (Flanders H. R., & Mostaert, F. (Flanders H. R. (2015). *MONEOS 2013 - 13 uursmetingen*. Antwerp.
- Levy, Y., Vereecken, H., Claeys, S., Deschamps, M., Verwaest, T., & Mostaert, F. (2016). *MONEOS 2015 - 13 uursmetingen Factual data rapport: Stromingen, debiet en sediment concentratie*. Antwerpen, Belgium. Retrieved from <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=240012>
- Levy, Y., Vereecken, H., Deschamps, M., Verwaest, T., & Mostaert, F. (2014). *MONEOS 2012 - 13 uursmetingen Factual data rapaport: Stromingen, debiet en sediment concentratie*. Antwerp. Retrieved from <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=240012>
- Levy, Y., Vereecken, H., Deschamps, M., Verwaest, T., & Mostaert, F. (2014). *MONEOS 2012 - 13 uursmetingen: factual data rapport: stromingen, debiet en sediment concentratie* (Vol. 13_086). Antwerpen: Waterbouwkundig Laboratorium.
- Levy, Y., Vereecken, H., Deschamps, M., Verwaest, T., & Mostaert, F. (2015). *MONEOS 2014 - 13 uursmetingen: factual data rapport: stromingen, debiet en sediment concentratie* (Vol. 13_086).

Antwerpen: Waterbouwkundig Laboratorium.

Lohrmann, A. (2001). *Monitoring sediment concentration with acoustic backscattering instruments*. Nortek Technical Note. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Monitoring+Sediment+Concentration+with+acoustic+backscattering+instruments#0>

Merckelbach, L. M. (2006). A model for high-frequency acoustic Doppler current profiler backscatter from suspended sediment in strong currents. *Continental Shelf Research*, 26(11), 1316–1335. doi:10.1016/j.csr.2006.04.009

MOURAENKO, O. A. (2004). *ACOUSTIC MEASUREMENT TECHNIQUES FOR SUSPENDED SEDIMENTS AND BEDFORMS*. University of Florida.

Quax, B. (IMDC). (2012). *Stromings- en sedimentconcentratiemetingen in mei 2011 te Schoonaarde, Terhagen en Kruibeke*. Antwerp.

Santen, P. van. (2010a). *Varende ADCP metingen Schelde 2009, locatie Boom*. Utrecht.

Santen, P. van. (2010b). *Varende ADCP metingen Schelde 2009, locatie Driegoten*. Utrecht.

Santen, P. van. (2010c). *Varende ADCP metingen Schelde 2009, locatie Kruibeke*. Utrecht.

Santen, P. van. (2010d). *Varende ADCP metingen Schelde 2009, locatie Liefkenshoek*. Utrecht.

Santen, P. van. (2010e). *Varende ADCP metingen Schelde 2009, locatie Oosterweel*. Utrecht.

Santen, P. van. (2010f). *Varende ADCP metingen Schelde 2009, locatie Schoonaarde*. Utrecht.

Santen, P. van. (2010g). *Varende ADCP metingen Schelde 2010*. Utrecht.

Santen, P. van. (2010h). *Varende ADCP metingen Schelde 2010, Figuren Boom*. Utrecht.

Santen, P. van. (2010i). *Varende ADCP metingen Schelde 2010, Figuren Driegoten*. Utrecht.

Santen, P. van. (2010j). *Varende ADCP metingen Schelde 2010, Figuren Kruibeke*. Utrecht.

Santen, P. van. (2010k). *Varende ADCP metingen Schelde 2010, Figuren Liefkenshoek*. Utrecht.

Santen, P. van. (2010l). *Varende ADCP metingen Schelde 2010, Figuren Oosterweel*. Utrecht.

Santen, P. van. (2010m). *Varende ADCP metingen Schelde 2010, Figuren Schoonaarde*. Utrecht.

Santen, P. van. (2011a). *Het meten van suspensieve sediment concentraties met een ADCP, De stand van zaken*. Delft. doi:AV_DOC_110202

Santen, P. van. (2011b). *Varende ADCP metingen Schelde 2011*. Utrecht.

Santen, P. van. (2011c). *Varende ADCP metingen Schelde 2011, Figuren Driegoten*. Utrecht.

Santen, P. van. (2011d). *Varende ADCP metingen Schelde 2011, Figuren Liefkenshoek*. Utrecht.

Santen, P. van. (2011e). *Varende ADCP metingen Schelde 2011, Figuren Oosterweel*. Utrecht.

Sassi, M. G., Hoitink, a. J. F., & Vermeulen, B. (2012). Impact of sound attenuation by suspended sediment on ADCP backscatter calibrations. *Water Resources Research*, 48(9), n/a–n/a. doi:10.1029/2012WR012008

Thorne, P. D., Vincent, C. E., Hardcastle, P. J., Rehman, S., & Pearson, N. (1991). Measuring suspended

sediment concentrations using acoustic backscatter devices. *Marine Geology*, 98, 7–16.

UNESCO/ICES/SCOR/IAPSO joint panel on oceanographic tables and standards. (1981). *Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978* (No. 37). Paris: UNESCO Technical Papers in Marine Science.

Urick, R. J. (1948). The Absorption of Sound in Suspensions of Irregular Particles. *THE JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA VOLUME*, 20(3), 361–363.

Vanlierde, E., Michielsens, S., Vereycken, K., Hertoghs, R., Meire, D., Deschamps, M., ... Mostaert, F. (2016). *Tienjarig overzicht van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken Decennium 2001-2010. Versie 5.0. WL Rapporten*, 12_071. Antwerpen, België. Retrieved from <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=252335>

Wall, G., Nystrom, E., & Litten, S. (2006). *Use of an ADCP to compute suspended-sediment discharge in the tidal Hudson River, New York*. Reston, Virginia. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Use+of+an+ADCP+to+Compute+Suspended-Sediment+Discharge+in+the+Tidal+Hudson+River,+New+York#0>

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be